Untersuchungen über Unterhaltungskosten von Abbaustrecken

Von der

TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BRESLAU

zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

DISSERTATION

Vorgelegt von

Diplom-Bergingenieur Hans Koeppen

aus Hermsdorf

Referent: Professor Dr.-Ing. G. Spackeler
Korreferent: Dozent Dr.-Ing. habil. W. Gründer

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Juni 1938

*43.583

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Untersuchungen über Unterhaltungskosten von Abbaustrecken

Von der

TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BRESLAU

zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

DISSERTATION

Vorgelegt von

Diplom-Bergingenieur Hans Koeppen
aus Hermsdorf

Referent: Professor Dr.-Ing. G. Spackeler
Korreferent: Dozent Dr.-Ing. habil. W. Gründer

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Juni 1938

1938
Verlag Glückauf G. m. b. H., Essen

Erweiterter Sonderabdruck aus den Heften 37 (S. 785/95) und 38 (S. 814/22) des Jahrgangs 1938
der Berg- und Hüttenmännischen Zeitschrift »Glückauf«.

Inhalt

Seite

Die wirtschaftliche Bedeutung der Unterhaltungskosten von Abbaustrecken . . . 5

Die verschiedenen Arten von Unterhaltungskosten

1. Die absoluten Unterhaltungskosten 6

2. Die relativen Unterhaltungskosten 6

3. Die spezifischen Unterhaltungskosten 9

a) Primärwirkung 10

b) Sekundärwirkung 13

Gesetzmäßigkeit der Unterhaltungskosten 15

Einfluß des Betriebes auf die Höhe der relativen Unterhaltungskosten 17

Anwendung der Betrachtungen zur Ermittlung der zweckmäßigsten Ausbauart . . 19

Einfluß des Abbaus benachbarter Flöze 22

Zusammenfassung 23

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549814_0063

Wirtschaftliche Bedeutung der Unterhaltungskosten von Abbaustrecken.

Die in Steinkohlenbergwerken durch Unterhaltung der Abbaustrecken entstehenden Kosten erreichen mitunter eine beträchtliche Höhe. Es handelt sich hier je nach den Gebirgsverhältnissen und der Größe des Betriebes um Beträge, die im Laufe eines Jahres zwischen 0,2 und 0,6 Mill. ℳ liegen, wobei die Kosten mitunter bis zu 40 Pf./t betragen. In Abb. 1 ist, der Wirklichkeit entnommen, der Kostenanteil dargestellt, der durch die Unterhaltung der Abbaustrecken in verschiedenen Flözen des niederschlesischen Bezirkes entstanden ist. Die Höhe einer schraffierten Säule zeigt an, wieviel Hundertteile der Kosten je t des betreffenden Flözbetriebes[1] allein für den Betriebsvorgang »Unterhaltung der Abbaustrecken« aufgewendet werden mußten. Zur bessern Übersicht und zum Vergleich ist der Anteil der Auffahrungskosten mit eingezeichnet worden. Man ersieht daraus deutlich die große Bedeutung, die den Unterhaltungskosten von Abbaustrecken zukommt.

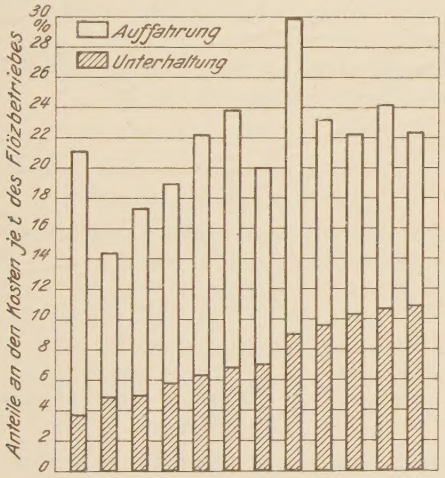


Abb. 1. Anteil der Unterhaltungskosten von Abbaustrecken an den Kosten des Flözbetriebes verschiedener Flöze des niederschlesischen Bezirkes.

Diese Kosten bedeuten eine erhebliche geldliche Belastung des einzelnen Werkes. Während man für die im Abbau und im Streckenvortrieb verwandten Ausbaustoffe unmittelbar Kohle erhält, müssen die bei der Unterhaltung eingesetzten Materialien als zusätzlicher Verbrauch ohne unmittelbaren Nutzen angesehen werden. Eine gewisse Menge von Rohstoffen, die der heimischen Wirtschaft nicht in unbegrenzten Mengen zur Verfügung stehen, muß für diese Zwecke bereitgehalten werden. Hier mit dem Einsatz geringster Mittel (sowohl mengen- als auch kostenmäßig) den größtmöglichen Erfolg zu erzielen, wird nur dann möglich sein, wenn es gelingt, die für den Kostenverlauf bei der Unterhaltung von Abbaustrecken maßgebenden Zusammenhänge zu erkennen.

Eine Vorausberechnung künftig zu erwartender Kosten in Bergbaubetrieben bereitet jedoch überaus große Schwierigkeiten, weil der Bergmann häufig mit einer Reihe nur schwer oder gar nicht erfaßbarer Umstände zu rechnen hat. Das unsichere Gefühl, das aus einer Überschätzung der sogenannten »schlechten Verhältnisse« entsteht, hat häufig ein vorzeitiges Aufgeben des Versuches, künftige Kosten vorauszuberechnen, zur Folge gehabt. Eine Überschätzung der Bedeutung der Unwägbarkeiten im Bergbau ist aber ebensowenig am Platze, wie es verfehlt wäre, anzunehmen, daß man alle Probleme des bergmännischen Betriebes theoretisch zu lösen vermag. Jedoch haben wissenschaftliche Untersuchungen, gestützt auf eingehende Betriebserfahrungen, sich als wichtiges Hilfsmittel des Betriebes erwiesen und Erkenntnisse gezeitigt, die aus der praktischen Erfahrung allein nicht hätten gewonnen werden können.

Ein großer Teil der Betriebsvorgänge im Bergbau ist heute so weit geklärt, daß man ausreichend genau berechnen kann, wie bei den verschiedenen geologischen und technischen Bedingungen und unter verschiedenen selbstgewählten Voraussetzungen — z. B. hinsichtlich der Verhiebgeschwindigkeit, Bauhöhe, Versatzart usw. — die Kosten sich gestalten werden. Die Unterhaltung der Abbaustrecken jedoch gehört zu denjenigen Betriebsvorgängen im Bergbau, bei denen sich der Kostenverlauf unter verschiedenen geologischen und technischen Voraussetzungen bisher nicht einwandfrei bestimmen ließ. Wo nicht sehr einfache und günstige Verhältnisse vorlagen, war man über die Höhe der zu erwartenden Unterhaltungskosten fast ausschließlich auf Schätzungen angewiesen. Auf die sich hier bietenden Schwierigkeiten hat schon vor einigen Jahren Scheithauer aufmerksam gemacht[1]. Trotzdem ließen es die bekanntlich gerade in bezug auf die Unterhaltung der Abbaustrecken besonders ungünstigen Verhältnisse im niederschlesischen Bezirk als zweckmäßig erscheinen, zur Klärung der Zusammenhänge eingehende Untersuchungen darüber anzustellen, ob die bei der Unterhaltung von Abbaustrecken entstehenden Kosten in ihrer Höhe naturgegeben sind oder ob und in welchem Maße sie sich durch die Art der Betriebsführung beeinflussen lassen.

Eine solche Beeinflussungsmöglichkeit kann nur erwartet werden, wenn eine Gesetzmäßigkeit im

[1] Koeppen, Glückauf 63 (1937) S. 355.

[1] Scheithauer, Glückauf 69 (1933) S. 833.

Kostenverlauf bei der Unterhaltung von Abbaustrecken vorhanden ist. Hängt nämlich die Höhe der Unterhaltungskosten nur von irgendwelchen nicht erfaßbaren Faktoren ab (bestehen also keinerlei scharf abgegrenzte, kostenmäßige Beziehungen zwischen Länge und Lebensdauer einer Abbaustrecke sowie der Ausbauart, Flözmächtigkeit, Nebengesteinsbeschaffenheit u. a.), dann kann die Einflußnahme des Betriebes auf die Unterhaltungskosten nur eine ganz geringe, aus den jeweiligen Erfordernissen der täglichen Betriebslage sich ergebende sein. Eine planvolle Lenkung der Unterhaltungskosten auf weite Sicht wäre dann überhaupt nicht möglich und die Forderung nach einer solchen planvollen Lenkung der Unterhaltungskosten als praktisch undurchführbar abzulehnen. Nur wenn die Höhe der Unterhaltungskosten keine zufällige ist, sondern auf irgendwelchen Gesetzmäßigkeiten beruht, wird es möglich sein, die dafür maßgebenden Faktoren aufzufinden. Mit dem Nachweis einer etwa vorhandenen Gesetzmäßigkeit würde man dem Betriebe eine Einflußnahme auf diese Faktoren ermöglichen. Eine Gesetzmäßigkeit kann dann als nachgewiesen gelten, wenn bei sonst gleichen Gebirgsverhältnissen, aber bei verschiedenen Betriebsbedingungen die Höhe der Unterhaltungskosten, bezogen auf eine bestimmte Einheit, stets dieselbe bleibt; eine solche Bezugseinheit müßte also unabhängig sein sowohl von der Zeit als auch von der Länge. Bei bekannten Unterhaltungskosten einer Abbaustrecke von bestimmter Länge und Lebensdauer wäre es dann möglich, die Unterhaltungskosten sowohl bei gleicher Länge und verschiedener Lebensdauer als auch bei verschiedener Länge und verschiedener Lebensdauer zu berechnen.

Die Kenntnis der Höhe der Unterhaltungskosten bei verschiedener Lebensdauer würde den Einfluß der Verhiebgeschwindigkeit auf die Unterhaltungskosten klarlegen und anderseits die Kenntnis der Unterhaltungskosten bei verschiedener Länge den Einfluß der Querschlagsabstände aufzeigen. Ist z. B. eine Vergrößerung der streichenden Entfernung der Abteilungsquerschläge auf einer Anlage geplant, so kann es für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit dieser Maßnahme eine Rolle spielen, ob die hierdurch bedingte größere Länge der einzelnen Abbaustrecken einen Einfluß auf die Unterhaltungskosten ausübt und in welcher Höhe. Für Niederschlesien ist diese Frage deswegen von besonderer Bedeutung, weil hier Unterhaltungskosten von weit mehr als 50% der Auffahrungskosten durchaus nicht zu den Seltenheiten gehören. Will man vor der Entscheidung einer Frage, wie der Vergrößerung der Querschlagsabstände, die Änderung aller hierdurch beeinflußten Kostenstellen überprüfen, so sind die Unterhaltungskosten der Abbaustrecken zu berücksichtigen. Hierzu ist man aber nur in der Lage, wenn man den Verlauf dieser Kosten auch bei verschiedener Länge zu beurteilen und ausreichend genau zu berechnen vermag.

Die verschiedenen Arten von Unterhaltungskosten.

Zur Untersuchung der Frage, ob die Vorgänge, welche die Höhe der Unterhaltungskosten von Abbaustrecken bestimmen, Gesetzmäßigkeiten unterliegen, ist für die verschiedenen Kostenarten bei der Unterhaltung eine genaue Begriffsbestimmung zu geben. Man muß hier unterscheiden zwischen absoluten, relativen und spezifischen Unterhaltungskosten.

Die absoluten Unterhaltungskosten.

Hierunter wird die Summe der Unterhaltungskosten in ℳ verstanden, die in einer Abbaustrecke während ihrer gesamten Lebensdauer aufläuft. Die Höhe dieser Kosten hängt bei sonst gleichen Gebirgsverhältnissen unmittelbar von der Länge und der Lebensdauer der Strecke ab.

Relative Unterhaltungskosten.

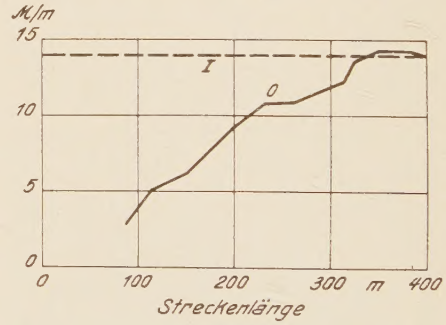
Hierunter sind diejenigen Kosten zu verstehen, die sich ergeben, wenn man die absoluten Unterhaltungskosten zu einem den unterhaltungstechnischen Aufwand in einer Strecke kennzeichnenden Begriff in Beziehung setzt. Solche Begriffe als Bezugswerte für die Unterhaltungskosten sind die Fördermenge als Bezugsgröße wirtschaftlicher Art, und als technische Bezugsgrößen die Streckenlänge, die Lebensdauer und das Längenalter.

Die Fördermenge.

Die Unterhaltungskosten, bezogen auf die Fördermenge, pflegt man in ℳ/t auszudrücken. Dieser Begriff ist jedoch für die vorliegende Untersuchung ohne Bedeutung, weil die Höhe der Unterhaltungskosten je t weniger von den technischen Bedingungen der einzelnen Strecke als von der auf diese Strecke entfallenden Fördermenge — also Mächtigkeit des Flözes und in der Hauptsache Länge der Abbaufront — abhängt[1].

Die Streckenlänge.

Auf die Streckenlänge bezogen, drücken sich die Unterhaltungskosten in ℳ/m aus; ihr Betrag hängt in weitgehendem Maße von der Lebensdauer ab. Ist z. B. die Höhe der Unterhaltungskosten je m in einer Strecke von bestimmter Lebensdauer bekannt, so reicht diese Kenntnis noch nicht einmal zur Berechnung der Kosten bei gleicher Verhiebgeschwindigkeit und verschiedener Streckenlänge aus.



ausgezogene Linie tatsächliche Kosten, gestrichelte Linie errechnete Kosten.

Abb. 2. Relative Unterhaltungskosten in ℳ/m und Streckenlänge.

In Abb. 2 sind auf der Waagrechten die Streckenlängen, auf der Senkrechten die relativen Unterhaltungskosten in ℳ/m einer Abbaustrecke des Waldenburger Liegendzuges in verschiedenen Längenabschnitten abzulesen, deren Werte aus der Zahlentafel 1 hervorgehen.

Die Unterhaltungskosten je m betrugen im vorliegenden Falle bei 403 m Streckenlänge 14,01 ℳ. Wollte man mit Hilfe dieses Wertes die Unterhaltungskosten bei gleicher Verhiebgeschwindigkeit für andere Streckenlängen berechnen, so würden die

[1] Koeppen, Bergbau 50 (1937) S. 356.

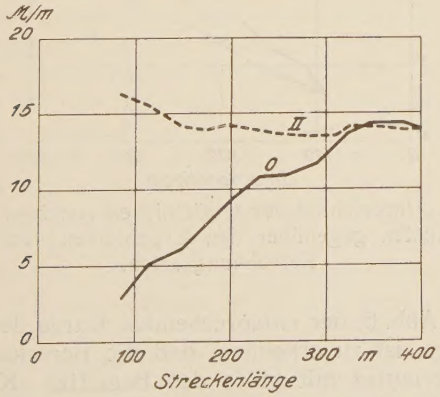
Zahlentafel 1.

Streckenlänge m	Unterhaltungskosten absolut ℳ	relativ ℳ/m
87	244	2,80
113	577	5,11
149	917	6,15
177	1352	7,64
199	1834	9,22
229	2464	10,76
260	2822	10,85
289	3377	11,68
313	3842	12,27
326	4448	13,64
350	4999	14,28
382	5465	14,30
403	5648	14,01

Kosten der Linie I entsprechen. Die tatsächlichen Kosten bei verschiedenen Streckenlängen haben jedoch den in der ausgezogenen Linie dargestellten Verlauf. Der Begriff »Unterhaltungskosten je m« kann demnach nicht als Umrechnungsfaktor für verschiedene Streckenlängen verwertet werden, denn der Wert ℳ/m ist auch bei sonst völlig gleichen Verhältnissen, wie im vorliegenden Falle, keine Konstante, sondern häufigen, scheinbar nicht zu erfassenden Änderungen unterworfen. Auffällig ist der annähernd waagrechte Verlauf dieser Kurve im letzten Streckenabschnitt. Er ist darauf zurückzuführen, daß im letzten Monat die Unterhaltung erheblich schwächer betrieben werden kann. Schon deshalb machen die Schwankungen des Wertes ℳ/m eine Vorausberechnung auf dieser Grundlage unmöglich. Bei z. B. 240 m Länge (Punkt O in Abb. 2) würde die Berechnung der Unterhaltungskosten einen um etwa 30 % höhern Wert ergeben, als den tatsächlichen Kosten entspricht. Der Begriff »Streckenlänge« sagt eben nur etwas über die Zahl der zu unterhaltenden Meter in dem Augenblick aus, in dem die Strecke ihre Endlänge erreicht hat; die Lebensdauer des einzelnen Meters wird dabei außer acht gelassen.

Lebensdauer einer Strecke.

Die auf die Lebensdauer bezogenen Unterhaltungskosten drücken sich aus in dem Begriff ℳ/Monat. Die Höhe dieser Kosten ist von der Streckenlänge abhängig und daher für die Berechnung der Unterhaltungskosten bei verschiedener Streckenlänge ungeeignet, wie Abb. 3 zeigt. Die durchschnittlichen Unterhaltungskosten je Monat betrugen im gleichen



ausgezogene Linie tatsächliche Kosten, gestrichelte Linie berechnet unter Annahme konstanter relativer Unterhaltungskosten je Monat.

Abb. 3. Relative Unterhaltungskosten in ℳ/m.

Falle rd. 353 ℳ. Berechnet man mit Hilfe dieses Wertes unter Voraussetzung der gleichen Verhiebgeschwindigkeit die im Laufe der einzelnen Monate entstehenden absoluten Unterhaltungskosten und setzt diese in Beziehung zu der im gleichen Zeitraum jeweils entstandenen Streckenlänge, dann entspricht der Verlauf der so errechneten »relativen Unterhaltungskosten je m« der Kurve II in Abb. 3. Diese zeigt, wie große Unterschiede gegenüber den tatsächlichen Kosten je m sich hierbei ergeben. Aber auch bei gleicher Streckenlänge sind diese Kosten abhängig von der Verhiebgeschwindigkeit und daher nicht konstant, sondern veränderlich. Wenn bei bekannten absoluten Unterhaltungskosten der Abbau in der Zeit von 10 Monaten durch eine Strecke hindurchgegangen ist, dann betragen die relativen Unterhaltungskosten je Monat den zehnten Teil der absoluten Unterhaltungskosten. Geht der Abbau in 6 Monaten durch diese Strecke hindurch, dann sind die absoluten Unterhaltungskosten nicht etwa 6 mal so hoch wie die relativen Unterhaltungskosten je Monat im vorerwähnten Falle. Nimmt man nämlich die Länge der Strecke mit 300 m an, so werden in dem einen Falle 30 m Strecke je Monat vom Abbau durchschritten, in dem andern Falle dagegen 50 m Strecke je Monat. Die durch den Abbau hervorgerufenen Querschnittsverengungen u. dgl. erstrecken sich also in beiden Fällen auf eine verschiedene Länge, und die zur Beseitigung der als Folge des Abbaues entstandenen Schäden erforderlichen Kosten je Monat sind in beiden Fällen verschieden.

Der Begriff »Kosten je Monat« scheidet daher ebenfalls als vergleichsfähige Bezugseinheit für die Höhe der Unterhaltungskosten aus dem Kreise der Betrachtungen aus, da er unmittelbar sowohl von der Streckenlänge als auch von der Verhiebgeschwindigkeit abhängt. Der Begriff »Lebensdauer« an sich sagt nur etwas über die Zahl der Monate aus, während der eine Strecke überhaupt in Betrieb gewesen ist und unterhalten werden mußte; der ganz zweifelsfrei bestehende Einfluß der jeweiligen Streckenlänge auf die Höhe der Unterhaltungskosten tritt hierbei nicht in Erscheinung.

Längenalter einer Strecke.

Zur Erklärung dieses neuen Begriffes sei eine Abbaustrecke betrachtet, die im Vorbau zu Felde geht. Die Strecke ändert ihre Länge und ihre Lebensdauer jeden Monat, so daß die Lebensdauer jedes einzelnen Streckenmeters und die in jedem Monat zu unterhaltende Streckenlänge eine andere ist. In einer solchen Strecke treten zwei verschiedene, ihrerseits unmittelbar voneinander abhängige Vorgänge in Erscheinung: das »Längerwerden« und das »Älterwerden«. Das Ergebnis des Zusammenwirkens dieser beiden Vorgänge wird mit dem Begriff »Längenalter« gekennzeichnet. In Abb. 4 ist das Entstehen des Längenalters einer Strecke dargestellt.

Aus dem Weg-Zeit-Diagramm ergibt sich, daß nach der Zeit t die Streckenlänge $x_n = R$ erreicht worden ist. Die mittlere Verhiebgeschwindigkeit in m je Monat wird durch den Tangens des Winkels φ ausgedrückt. Der Flächeninhalt des rechtwinkligen Dreiecks mit den Katheten R und t ist gleich dem Längenalter der Strecke und hat die Dimension Meter mal Monate. Das Längenalter wird mit dem Buch-

staben C bezeichnet, die Einheit ist der Meter · Monat (m · M). Die Größe C errechnet sich zu:

$$C = \frac{t \cdot R}{2} \qquad tg\,\varphi = \frac{R}{t} = v$$

$$C = t^2 \cdot \frac{v}{2}$$

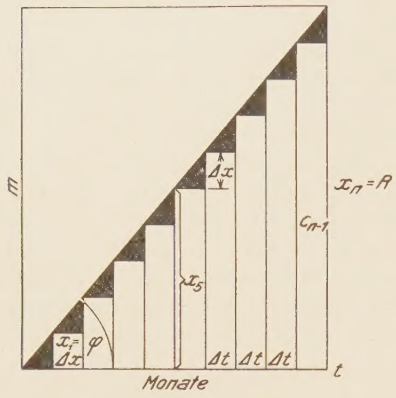


Abb. 4. Darstellung des Längenalters.

Die schwarz angelegten kleinen Dreiecke stellen den monatlichen Zuwachs an Längenalter infolge des Längerwerdens der Strecke dar; ihr Flächeninhalt wird mit dem Ausdruck $\frac{\Delta x \cdot \Delta t}{2}$ bezeichnet. Die großen nicht angelegten Rechtecke entsprechen dem monatlichen Zuwachs an Längenalter infolge Älterwerdens; ihr Flächeninhalt wird mit den Buchstaben c_1 bis c_{n-1} bezeichnet. Der Einfluß von c macht sich geltend als veränderliche Zeit bei unveränderlicher Länge; während die Zeit um einen Monat zunimmt, erfährt die für c in Betracht kommende Streckenlänge innerhalb dieses Zeitabschnittes keine Veränderung. Zeichnet man in einer zweiten Darstellung (Abb. 5) die in jedem Monat aus dem Produkt von Zeit ($\Delta t = 1$ Monat) und Länge (Δx) entstehende Fläche ein, so können die kleinen Dreiecke in flächengleiche Rechtecke (schwarz angelegt) verwandelt werden, deren Fläche gleich $\frac{\Delta x \cdot \Delta t}{2}$ ist.

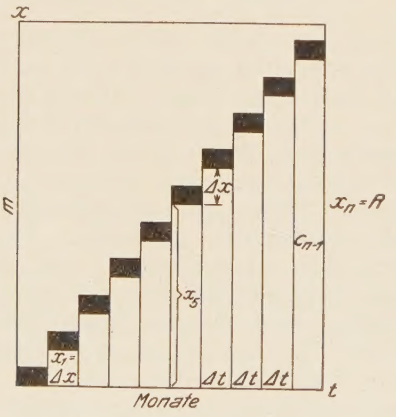


Abb. 5. Darstellung des Längenalters.

Der Flächeninhalt der großen (nicht angelegten) Rechtecke ist im zweiten Streckenmonat $c_1 = \Delta x \cdot \Delta t$, im dritten Streckenmonat $c_2 = 2\,\Delta x \cdot \Delta t$, im n-ten Streckenmonat $c_{n-1} = (n-1)\,\Delta x \cdot \Delta t$. Die Summe der ersten n-Glieder dieser arithmetischen Reihe erster Ordnung ist gleich dem absoluten Längenalter C:

$$C = \frac{n}{2} \cdot \left\{ 2\frac{\Delta x \cdot \Delta t}{2} + [(n-1) \cdot \Delta x \cdot \Delta t] \right\}$$

$$C = \frac{1}{2} n^2 \cdot \Delta x \cdot \Delta t$$

Diese Gleichung läßt sich auch in nachstehender Form ausdrücken:

$$C = \underbrace{\frac{n}{2} \cdot \Delta t}_{t/2} \cdot \underbrace{n \cdot \Delta x}_{xn}$$

= gesamte Streckenlänge R.

Bei gleicher Baugeschwindigkeit ist die durchschnittliche Lebensdauer eines einzelnen Meters der gesamten Streckenlänge R gleich der halben absoluten Lebensdauer (t/2). Schreibt man obige Gleichung in der Form

$$C = \underbrace{n \cdot \Delta t}_{t} \cdot \underbrace{\frac{n \cdot \Delta x}{2}}_{xn/2}$$

= durchschnittliche Streckenlänge (L), so ist die durchschnittliche Streckenlänge L, die in jedem einzelnen Monat der gesamten Lebensdauer (t) zu unterhalten ist, gleich der halben Gesamtlänge.

In dem Begriff »Längenalter« ist das für die Höhe der Unterhaltungskosten maßgebende Zusammenwirken von Zeit und Länge erkennbar. Die Unterhaltungskosten, bezogen auf das Längenalter einer Strecke, werden ausgedrückt in Mark je Meter · Monat (ℳ/m · M); darin ist die Lebensdauer des einzelnen Streckenmeters berücksichtigt, wie aus der Form der obigen Gleichung hervorgeht. Aber auch der durchschnittlichen Streckenlänge, die in jedem einzelnen Monat der absoluten Lebensdauer (t) zu unterhalten ist, wird in den Unterhaltungskosten je m · M Rechnung getragen. Vergleicht man die relativen Unterhaltungskosten je m · M zweier Abbaustrecken unter sonst gleichen Bedingungen bei verschiedener Länge und Lebensdauer, dann ist der Einfluß sowohl der verschiedenen Streckenlänge als auch der der verschiedenen Lebensdauer ausgeschaltet und damit eine gewisse Vergleichsfähigkeit gegeben.

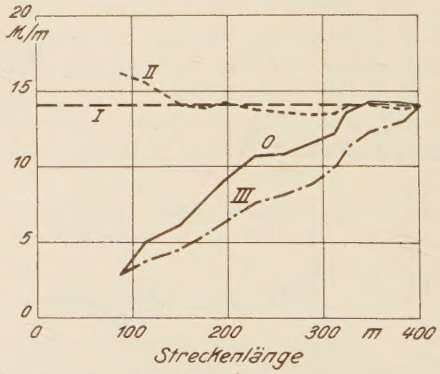


Abb. 6. Unterschied der tatsächlichen relativen Unterhaltungskosten gegenüber den Ergebnissen verschiedener Berechnungsarten.

Aus Abb. 6, der entsprechenden Kurve des obigen Beispieles, ist zu erkennen, daß die Berechnung des Kostenverlaufes mit Hilfe des Begriffes »Kosten je Meter · Monat« dem tatsächlichen Kostenverlauf schon wesentlich näher kommt, als die mit Hilfe der Kosten ℳ je Meter oder ℳ je Monat errechneten Ergebnisse, die zum Vergleich in der Darstellung mit eingezeichnet

sind. Im Gegensatz zu den Kurven I und II zeigt die Kurve III ausgesprochen den gleichen Verlauf wie die Kurve der tatsächlichen Kosten, nur daß sie tiefer liegt als diese. Das ist nicht unwichtig, denn wenn z. B. die absoluten Unterhaltungskosten für diese Strecke bei derselben Baugeschwindigkeit, aber bei einer Länge von nur 260 m festgestellt werden, so liegt der Kostenpunkt O (Abb. 6) in der Praxis tiefer. Der Grund ist wiederum darin zu suchen, daß im letzten Betriebsmonat einer nur 260 m langen Strecke natürlich die Unterhaltungsarbeit nicht in demselben Umfange geleistet wird, als wenn die Strecke noch 4–5 Betriebsmonate und noch weit über 100 m Streckenlänge vor sich hat, wenn also der Punkt O nicht am Ende, sondern in der Mitte der Strecke liegt.

Wenn bei sonst gleichen Verhältnissen nur Länge und Lebensdauer die Höhe der absoluten Unterhaltungskosten einer Strecke bestimmen würden, dann müßten diese Kosten bei verschiedener Länge und Lebensdauer verhältnisgleich dem Längenalter sein. Diese Voraussetzung trifft mitunter zu, kann jedoch keine Allgemeingültigkeit beanspruchen, denn durch den Begriff »Längenalter« sind zwar die durchschnittliche Lebensdauer für jeden Streckenmeter und die durchschnittliche Länge für jeden Monat festgelegt, es bleibt aber die Frage offen, ob die Einwirkung der beiden an der Höhe des Längenalters gleichwertig beteiligten Faktoren Zeit und Länge auch auf die Höhe der Kosten dieselbe ist. Die Einheit des Längenalters kann nur dann als vergleichsfähige Bezugseinheit für die Unterhaltungskosten angesehen werden, wenn die durch den Einfluß der Zeiteinheit verursachte Kostenhöhe dieselbe ist wie die durch den Einfluß der Längeneinheit entstehende. Bei einem Längenalter von z. B. 900 m · M kann es sich um 150 m Streckenlänge und 12 Monate Lebensdauer oder um 200 m Streckenlänge und 9 Monate Lebensdauer handeln. Wenn Zeit und Länge mit demselben Gewicht auf die Höhe der Unterhaltungskosten einwirken würden, dann müßten die absoluten Unterhaltungskosten zweier solcher Strecken (unter sonst gleichen Bedingungen) gleich hoch sein. Dies ist aber bestimmt dann nicht der Fall, wenn es sich um Strecken handelt, die unmittelbar nach Hindurchgehen des Abbaues einmal nachgebaut werden und in der Folgezeit keine Unterhaltung mehr erfordern. In einem solchen Falle sind die relativen Unterhaltungskosten je m in beiden Strecken gleich hoch und die absoluten Unterhaltungskosten sind nicht proportional dem Längenalter. Die Fehlerquelle, die in der Berechnung mit Hilfe der Kostenart ℳ je m · M steckt, ist in dem verschiedenen Gewicht von Zeit und Länge in bezug auf die Höhe der Unterhaltungskosten zu suchen. Der Einfluß der Zeit auf die Höhe der Unterhaltungskosten wird nämlich von andern Faktoren bestimmt als der Einfluß, den die Länge einer Strecke ausübt. Infolgedessen ist auch der Anteil, den dieser Einfluß der Zeit an der Höhe der Unterhaltungskosten hat, ein anderer (in dem hier erwähnten Falle der 150 und 200 m langen Strecke ist er z. B. gleich 0 %) als der dem Einfluß der Länge zukommende Anteil (in dem obigen Beispiel 100 %). Wenn z. B. — wieder ein der Wirklichkeit entnommenes Beispiel aus Niederschlesien — in einer Abbaustrecke von 202 m Länge bei einer Baugeschwindigkeit von 27 m/Monat die relativen Unterhaltungskosten je Meter 9,10 ℳ, je Monat 245,50 ℳ, je Meter · Monat 2,86 ℳ und die absoluten Unterhaltungskosten 1840 ℳ betragen, so wird die Berechnung der Unterhaltungskosten bei anderer Baugeschwindigkeit oder für eine andere Streckenlänge deswegen äußerst ungenau sein, weil keine dieser zur Verfügung stehenden Zahlen Auskunft darüber gibt, welchen Anteil der Einfluß der Zeit und welchen der Einfluß der Länge an der Höhe dieser einzelnen Kostenelemente hat. Damit besteht auch keine Möglichkeit, die bei bestimmten Gebirgsverhältnissen und bei bestimmter Ausbauart vorteilhafteste Baugeschwindigkeit und günstigste Streckenlänge zu ermitteln, die eine Annäherung an den überhaupt erreichbaren niedrigsten, d. h. wirtschaftlichsten Wert für ℳ/m, ℳ/m · M oder ℳ/Monat gestatten. Der Anteil, den der Einfluß der Zeit an der Höhe der relativen Unterhaltungskosten hat, kann von 0 % bis 100 % alle Werte annehmen, so daß der Anteil, den der Einfluß der Länge auf die Höhe dieser Kosten hat, 100 % bis 0 % betragen kann. Die nach den bisherigen Ausführungen zur Verfügung stehenden Bezugselemente für die Unterhaltungskosten (Streckenlänge, Lebensdauer und Längenalter) geben eben nur ein Bild von der gesamten Kostenhöhe, wie sie sich durch die Summe von Einfluß der Zeit + Einfluß der Länge ergibt, sie lassen aber nicht erkennen, wie stark jeder dieser beiden Einflüsse von sich aus an dem Zustandekommen der Kostenhöhe von z. B. 9,10 ℳ/m oder 2,86 ℳ/m · M beteiligt ist. Die Vorausberechnung der Unterhaltungskosten und ihre planvolle Lenkung werden aber erst dann als durchführbar angesehen werden können, wenn es gelingt, statt der durch den Einfluß von Zeit und Länge gemeinsam entstehenden absoluten oder relativen Unterhaltungskosten die durch den Einfluß der Zeit bedingte und die lediglich von der Streckenlänge abhängige Kostenhöhe getrennt zu ermitteln. Dann kann man jederzeit überprüfen, ein wie hoher Teilbetrag der relativen Unterhaltungskosten bei Änderung der Lebensdauer in Mitleidenschaft gezogen und ein wie hoher Teilbetrag hiervon überhaupt nicht berührt wird; ebenso läßt sich dann jederzeit überprüfen, ein wie hoher Teilbetrag der relativen Unterhaltungskosten bei Änderung der Streckenlänge unverändert bleibt oder einer Veränderung unterliegt.

Spezifische Unterhaltungskosten.

Die getrennte Feststellung der durch den Einfluß einerseits der Zeit und anderseits der Länge verursachten Kosten öffnet gleichzeitig den Weg zur Bestimmung derjenigen Kosten, die ich als »spezifische Unterhaltungskosten« bezeichnet habe. Diese sollen lediglich von den Gebirgsverhältnissen und der Ausbauart abhängen; ihre Höhe wäre also naturgegeben und würde (bis auf die Wahl der Ausbauart) außerhalb des Einflußbereiches betrieblicher Maßnahmen liegen. Die spezifischen Unterhaltungskosten sind nicht wie die relativen von Zeit und Länge unmittelbar abhängig. Es bleibt die Frage zu klären, ob solche spezifischen Unterhaltungskosten nachweisbar sind, wozu es einer Analyse des Betriebsvorganges bedarf.

Der Einsatz von Unterhaltungsarbeit in einer Abbaustrecke wird durch die Auswirkungen verschiedener Vorgänge und Umstände notwendig. Die Frage, in welcher Weise der Abbau benachbarter Flöze und bestimmte Ausbauarten den Umfang der Unterhaltungsarbeit beeinflussen, wird weiter unten be-

handelt; es kommt zunächst darauf an, die kostenmäßigen Zusammenhänge zwischen Abbau im eigenen Flöz und Unterhaltung in der zugehörigen Strecke zu klären. In einer vom Abbau benachbarter Flöze nicht beeinflußten Abbaustrecke beruht die Notwendigkeit, Unterhaltungsarbeit auszuführen, ganz allgemein auf zwei verschiedenen, scharf voneinander zu trennenden Ursachen, nämlich 1. dem Absinken des Hangenden als unmittelbare Folge des Hindurchgehens des Abbaues durch eine Strecke, für den Bereich des hier behandelten Themas mit dem Ausdruck »Primärwirkung« gekennzeichnet, 2. Gebirgsbewegungen irgendwelcher Art, die auch dann noch wirksam sind, wenn der Abbaustoß an der betreffenden Stelle einer Strecke längst vorüber ist, hier als »Sekundärwirkung« bezeichnet.

Mit dieser Bezeichnungsweise sollen die Gebirgsbewegungen in Abbaustrecken und ihre Ursachen nicht irgendwie gegliedert, sondern nur die durch Auswirkungen dieser Bewegungen hervorgerufenen betrieblichen Maßnahmen in ihrer zeitlichen Reihenfolge eindeutig bezeichnet werden. Die Überlegung, daß zwei verschiedene Arten von Unterhaltungsarbeit in einer Abbaustrecke zu bewältigen sind, hat dazu geführt, die Unterhaltungskosten einer Strecke nicht als eine geschlossene Einheit anzusehen, sondern sie kostenmäßig getrennt zu erfassen. Dies läßt sich mit ausreichender Genauigkeit durchführen, wenn man die in bestimmter Entfernung dem Abbaustoß folgenden Unterhaltungsarbeiten besonders aufzeichnet und die sich später noch zusätzlich ergebenden Unterhaltungskosten für sich vermerkt.

Die Primärwirkung.

Der durch die Strecke eilende Abbau verursacht unmittelbar ein Absinken des Hangenden und zieht damit Bewegungen der Streckenstöße nach sich. Messungen der Relativbewegungen von Punktpaaren[1] haben diese Erscheinung in ihren Ausmaßen nachgewiesen. Hierdurch werden entweder gar keine oder mehr oder weniger erhebliche Zerstörungen des Ausbaues und Querschnittsverengungen hervorgerufen. In einer Strecke, deren Ausbau die hierbei auftretenden Beanspruchungen nicht aufzunehmen vermag, muß man in bestimmter Entfernung hinter dem Abbaustoß mit der Unterhaltung beginnen. Es entsteht hier ein Arbeitspensum, dessen Umfang abhängig ist von der Flözmächtigkeit, der Art des Ausbaues und des Nebengesteins sowie vom Versatz und von der Spannweite des Druckgewölbes. Diese Aufgabe wird zweckmäßig in demselben Schrittmaß bewältigt, in dem der Abbau fortschreitet. Grubensicherheit und ein reibungsloser Betriebsablauf in der Abbaustreckenförderung sind durch rechtzeitige und gleichmäßige Erledigung dieser Arbeit gewährleistet. Mit dem Begriff »rechtzeitig« verbindet sich hier die Entfernung, in der diese Art Unterhaltungsarbeit hinter dem Abbaustoß herschreitet. Die günstigste Entfernung — und damit der richtige Zeitpunkt — ergibt sich aus der Vollendung der Absenkung bzw. der unzulässigen Querschnittsverengung. Die Tatsache, daß sich ein Über- oder Unterschreiten der günstigsten Entfernung nachteilig auf die Kosten auswirkt, ist ebenso bekannt wie die Tatsache, daß in den letzten Metern einer Abbaustrecke bei Vorbau möglichst wenig derartige Unterhaltungsarbeit geleistet wird und daß man diese Kosten im letzten Streckenmonat, wenn irgend angängig, spart.

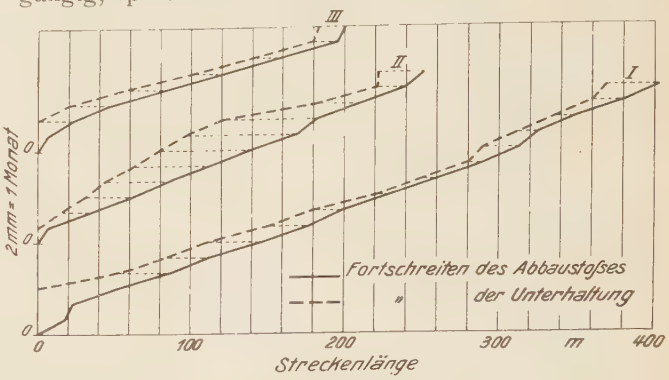


Abb. 7. Beispiele für Zeit- und Längenunterschiede zwischen Stand des Abbaustoßes und der Unterhaltungsarbeit zur Beseitigung der Primärwirkung.

Beispiele aus dem Betriebe zeigt Abb. 7. Es handelt sich hier um 3 Abbaustrecken verschiedener Flöze des Waldenburger Liegendzuges. Die waagrechten punktierten Linien entsprechen dem Abstand, in dem die Unterhaltung dem Abbaustoß folgt. In Strecke I beginnt die Unterhaltung zur Beseitigung der Primärschäden erst im 4. Monat in 87 m Abstand vom ursprünglichen Abbaustoß und nähert sich diesem immer mehr, um dann wieder zurückzubleiben und 34 m vor dem Streckenende aufzuhören. Die Unterhaltungskosten infolge von Primärwirkung betrugen hier 4,23 ℳ/m. In der Strecke II beginnt die Unterhaltungsarbeit schon im zweiten Monat dicht hinter dem Abbaustoß, bleibt dann stark zurück (bis zu 70 m) und wird später wieder beschleunigt in die richtige Entfernung zum Abbaustoß gebracht; einen Monat vor Beendigung des Abbaus hört diese Art Unterhaltungsarbeit auf, wobei die letzten 32 m Strecke nicht mehr instandgesetzt werden. Die betreffenden Kosten je m betragen 12,07 ℳ. Bei der Strecke III befindet sich die Unterhaltungsarbeit infolge Primärwirkung fast ständig in demselben Abstand vom Abbaustoß, wodurch eine gute Gleichmäßigkeit in der Belegung der Unterhaltung gewahrt ist, während bei Strecke I und besonders Strecke II ein starkes Schwanken der Belegung stattgefunden haben muß. Die Entfernung betrug bei der Strecke III gleichmäßig etwa 20 m, die Kosten je m beliefen sich auf 6,18 ℳ. Da bei den hier angestellten Untersuchungen die von den Gebirgsverhältnissen abhängige Größe der letzten Streckenlänge mit berücksichtigt werden muß, ist bei diesen Kosten mit den Durchschnittswerten, bezogen auf die gesamte Streckenlänge, zu rechnen. Für den Gang der Untersuchung ist es von untergeordneter Bedeutung, ob die Beseitigung der Primärschäden durch einen umfangreichen Nachriß mit vollständiger Erneuerung des Ausbaus erfolgt, oder ob behelfsmäßige Instandsetzung ausreicht. Die Art dieser Arbeit wird von den vorliegenden Gebirgsverhältnissen bestimmt und ist ihrem Umfange nach eben an der Höhe der durchschnittlichen Kosten je m infolge Primärwirkung $(ℳ/m)_p$ erkennbar. Das Hindurchgehen des Abbaus wirkt einmalig auf jeden Meter der Strecke und (im Durchschnitt der gesamten Strecke gesehen) auch bei verschiedener Verhiebgeschwindigkeit auf jeden Meter mit derselben Stärke, wie aus Abb. 8 hervorgeht.

[1] Weißner, Glückauf 70 (1934) S. 1041; Fritzsche und Giesa, Glückauf 71 (1935) S. 125.

Der monatliche Abbaufortschritt war hier starken Schwankungen unterworfen Die Kurve der Verhiebgeschwindigkeiten ist der Linie der »Kosten je m infolge Primärwirkung« gegenübergestellt. In den hier aufgezeichneten Kosten sind die Aufwendungen für solche Unterhaltungsarbeit nicht enthalten, die in den weiter zurückliegenden Streckenabschnitten etwa noch geleistet werden muß, auch nachdem die durch Senkung des Hangenden unmittelbar entstandenen Schäden am Ausbau bereits einmal beseitigt worden sind.

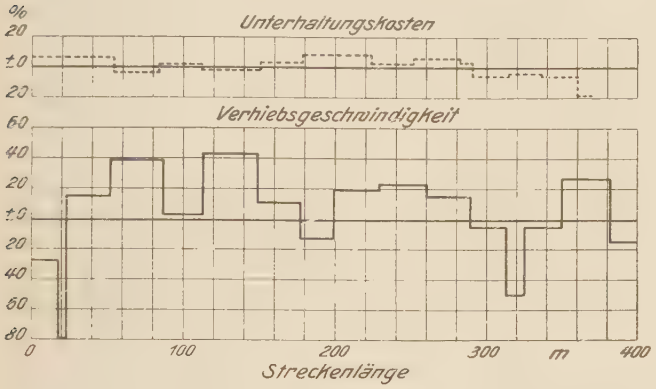


Abb. 8. Unterhaltungskosten infolge Primärwirkung in einer Abbaustrecke mit stark wechselnder Verhiebgeschwindigkeit.

Die ausgezogene Null-Linie stellt den Durchschnittswert der Unterhaltungskosten je m infolge Primärwirkung dar, während die gerissene Linie angibt, um wieviel Hundertteile die betreffenden Kosten in den Zeiten verschiedener Verhiebgeschwindigkeiten vom Durchschnittswert abweichen. Abgesehen vom letzten Monat sind diese Abweichungen (höchstens 8 %) im Verhältnis zu den starken Schwankungen der Verhiebgeschwindigkeit sehr gering; das starke Absinken der Kosten im letzten Monat ist darauf zurückzuführen, daß man sich kurz vor Beendigung des Abbaues in den nur noch kurze Zeit benötigten letzten Streckenmetern mit geringen Aufwendungen begnügen kann. Daß es sich hier nicht um einen Zufall handelt, sei an Hand von Abb. 9 dargetan.

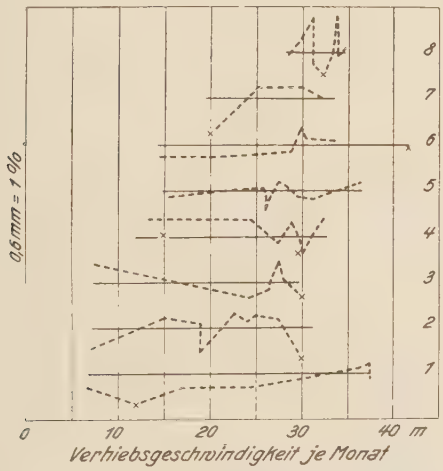


Abb. 9. Spezifische Unterhaltungskosten in ℳ/m infolge Primärwirkung und Verhiebgeschwindigkeit.

Hier sind von einer größern Anzahl Abbaustrecken aus Niederschlesien die Schwankungen der betreffenden Kosten je m in Hundertteilen der durchschnittlichen Kosten bei verschiedenen Verhiebgeschwindigkeiten wiedergegeben. Für jede Strecke stellt die ausgezogene Linie die durchschnittlichen Kosten je m infolge Hindurchgehens des Abbaus dar, die gerissene Linie die vorhandenen Schwankungen. Die verschiedenen Verhiebgeschwindigkeiten sind auf der Grundlinie abzulesen. Man erkennt deutlich, daß ein Zusammenhang zwischen Verhiebgeschwindigkeit und Kostenhöhe nicht besteht. Die Kosten stimmen bei allen Verhiebgeschwindigkeiten praktisch überein. Geringe Kostenschwankungen sind auf betrieblich bedingte Unregelmäßigkeiten des Arbeitsvorganges zurückzuführen; die durch ein Kreuz angedeuteten Kosten des letzten Monats sind fast durchweg am niedrigsten, ohne Rücksicht auf die Verhiebgeschwindigkeit. Wenn demnach die Verhiebgeschwindigkeit keinen Einfluß auf die Höhe dieser Kosten hat, dann müssen die absoluten Unterhaltungskosten infolge Primärwirkung proportional der Streckenlänge sein; denn je länger eine Strecke ist, desto größer ist die Zahl der hinter dem Abbaustoß her instandzusetzenden Meter, wobei für die Höhe der Kosten die Zeit keine Rolle spielt. Für die Kosten infolge Primärwirkung ist es ja bedeutungslos, ob ein bereits einmal instandgesetztes Meter noch einen oder noch 10 Monate offen stehen muß; sie sind daher lediglich von den naturgegebenen Verhältnissen . abhängig. Aus diesem

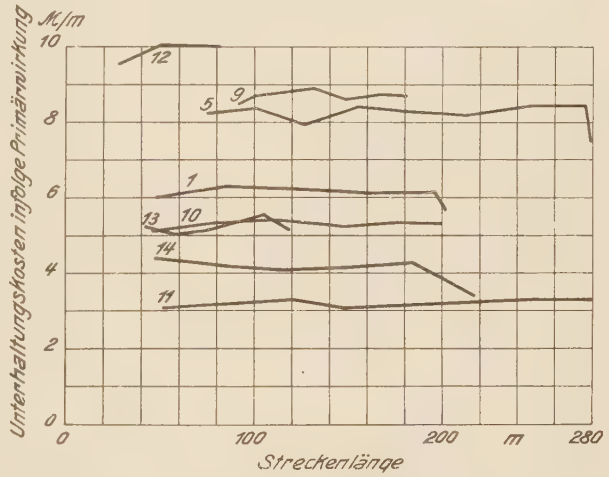


Abb. 10. Spezifische Unterhaltungskosten infolge Primärwirkung und Streckenlänge.

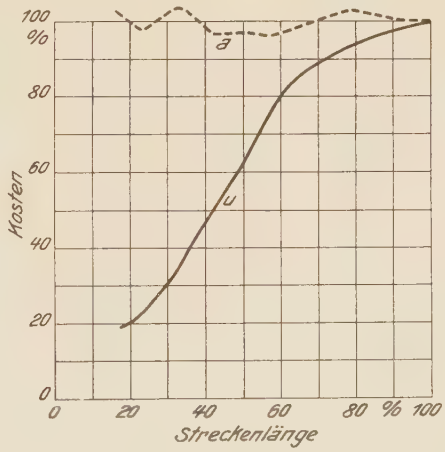


Abb. 11. Spezifische Unterhaltungskosten a $(ℳ/m)_p$ bei allen Streckenlängen praktisch konstant, dagegen relative Unterhaltungskosten u in ℳ/m verschieden. Durchschnitt von 20 verschiedenen Abbaustrecken.

Grunde werden die »Unterhaltungskosten je m infolge Primärwirkung« $(\mathcal{M}/m)_p$ »spezifische Unterhaltungskosten« a genannt. Der Wert a ist unter sonst gleichen Bedingungen bei allen Streckenlängen und Verhiebgeschwindigkeiten stets derselbe, wie aus den Abb. 9 bis 12 hervorgeht.

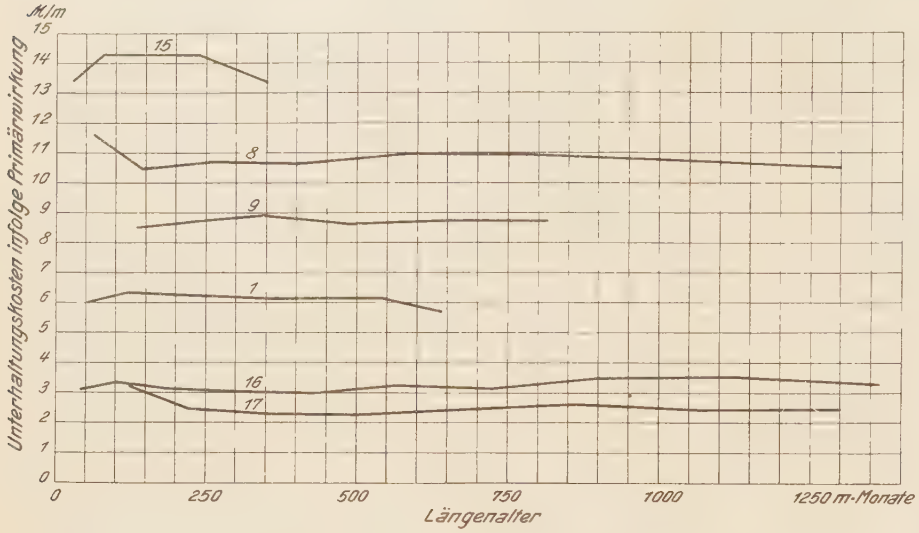


Abb. 12. Spezifische Unterhaltungskosten a $(\mathcal{M}/m)_p$ konstant bei verschiedenem Längenalter.

Zur Feststellung der die Höhe der spezifischen Unterhaltungskosten beeinflussenden Faktoren sind in den Jahren 1934 bis 1937 auf einer Grube der Niederschlesischen Bergbau AG. in Neu-Weisstein eingehende Beobachtungen an einer größern Anzahl von Abbaustrecken vorgenommen worden. Die Beobachtungen bezogen sich auf Abbaustrecken in nachgiebigem Gelenkausbau und starrem Türstockausbau. Der Gelenkausbau setzte sich aus 2 Schenkeln (gebogene Kappschienen mit je 2 Schuhen von Moll) von je 2,2 m Länge mit eichenen Firsten- und Stoßläufern aus Weichholz zusammen, die von Holzstempeln getragen wurden. Der Türstockausbau bestand aus einer geraden Kappschiene von 3,3 m Länge, die auf 2 oder 3 Stempeln ruhte.

Die spezifischen Unterhaltungskosten a werden zum überwiegenden Teile durch die Abbaudruckwirkung und in untergeordnetem Maße durch die Streckendruckwirkung verursacht. Unter Hinweis auf die Untersuchungen von Spackeler sei hier daran erinnert, daß sich die Zone entspannten Gebirges nicht nur um die Abbaustrecke herum, sondern auch im Abbau selbst, wenn auch hier unsichtbar, ausbildet, und zwar umgibt sie den durch den Streb geschaffenen Hohlraum. Diese entspannte Zone wandert mit dem Abbau mit. Beim Hindurchgehen des Abbaus durch die Strecke kreuzen sich demnach zwei Zonen entspannten Gebirges. Hinter der im Streb entstehenden entspannten Zone her, welche (abgesehen vom Schrägbau) etwa rechtwinklig zur entspannten Zone der Strecke verläuft, wandert die Zone des Kämpferdruckes durch die Abbaustrecke hindurch. Der Kämpferdruck rollt gewissermaßen wie eine schwere Walze mehr oder minder langsam über den die Abbaustrecke schützenden Mantel entspannten Gebirges hinweg und wird sich je nach Art des Nebengesteins in seinen Auswirkungen mehr oder weniger stark bemerkbar machen. Sind weiche

Zahlentafel 2.

Ausbauart	Mächtigkeit m: Kohle	Mittel	Gesamt	Spezifische Unterhaltungskosten infolge: Primärwirkung a $(\mathcal{M}/m)_p$	Sekundärwirkung b $(\mathcal{M}/m \cdot M)_s$	b · k $(\mathcal{M}/m)_s$	Unterhaltungstechnischer Ausnutzungsgrad q 1/Monat	Art des Nebengesteins
Nachgiebiger Gelenkausbau	0,60	—	0,60	2,30	1,93	10,41	0,169	weicher Tonschiefer
	0,70	—	0,70	2,90	2,07	9,62	0,194	„ „
	0,70	—	0,70	2,90	1,58	7,79	0,184	mittelfester Tonschiefer
	0,90	0,05	0,95	2,83	1,38	5,08	0,239	„ „
	0,85	0,15	1,00	3,70	2,15	5,90	0,307	weicher Tonschiefer
	1,00	0,20	1,20	4,56	2,79	9,99	0,244	Ton
	1,10	0,30	1,40	4,37	1,90	4,66	0,338	weicher Tonschiefer
	1,00	0,40	1,40	4,31	1,43	4,70	0,264	mittelfester Tonschiefer
	1,20	0,30	1,50	4,43	1,45	5,42	0,236	„ „
	1,40	0,20	1,60	7,92	2,07	3,56	0,448	weicher Tonschiefer
	1,60	0,30	1,90	8,95	2,42	5,35	0,374	Ton
	1,60	0,60	2,20	12,02	2,66	6,52	0,338	„
	2,00	0,80	2,80	17,09	3,07	12,40	0,220	„
Starrer Türstockausbau	0,60	—	0,60	5,60	1,31	3,50	0,315	fester Tonschiefer
	0,85	—	0,85	7,05	1,45	6,63	0,197	„ „
	0,90	—	0,90	7,12	1,68	7,44	0,203	„ „
	1,00	—	1,00	7,00	2,66	9,68	0,221	mittelfester Tonschiefer
	1,10	—	1,10	7,50	2,45	17,15	0,133	„ „
	1,20	—	1,20	9,30	3,08	14,44	0,193	weicher Tonschiefer
	1,20	0,10	1,30	10,65	3,12	15,48	0,184	„ „
	1,10	0,30	1,40	12,27	3,10	11,32	0,241	„ „
	1,10	0,40	1,50	12,66	2,60	7,96	0,281	mittelfester Tonschiefer
	1,50	0,20	1,70	14,12	2,10	4,08	0,408	„ „
	1,50	0,25	1,75	14,70	2,12	4,20	0,404	„ „
	2,00	0,50	2,50	22,83	4,04	19,55	0,187	Ton „ „

Schichten, »wilde Bänke« u. dgl. vorhanden, so wirken diese wie ein Polster und fangen den Kämpferdruck gewissermaßen ab; dieser Vorgang ist aber meistens mit einem Auswalzen der weichen Schichten in den Hohlraum (Abbaustrecke) hinein verbunden und verursacht nicht unwesentliche Unterhaltungskosten. Das Ausmaß der durch den wandernden Kämpferdruck verursachten Zerstörungen wird für jedes Flöz je nach der Mächtigkeit, der Beschaffenheit der Dachschichten und des Haupthangenden sowie der Liegendschichten verschieden sein. Hieran kann die Kunst des Bergmannes nichts ändern; was aber in seiner Macht steht, das ist die Wahl der für das jeweilige Verhalten des Schutzmantels einer Strecke zweckmäßigsten Ausbauart.

In Betrieben, die die Vorgänge in ihren Abbaustrecken aufmerksam verfolgen, haben sich gewisse Erfahrungen herausgebildet, welche Ausbauart die einzelnen Flöze unter bestimmten Betriebsbedingungen verlangen, damit die spezifischen Unterhaltungskosten möglichst niedrig bleiben. In der Zahlentafel 2 sind die Ergebnisse der Untersuchung einer Anzahl von Abbaustrecken nach Ausbauart, Mächtigkeit und Art des Nebengesteins zusammengestellt. Abb. 13 veranschaulicht die spezifischen Unterhaltungskosten je m infolge Primärwirkung *a* als Kurven. Wenn auch kein gleichmäßiger Kurvenverlauf vorliegt — ein solcher konnte auch nicht erwartet werden, weil nicht alle Strecken das gleiche Nebengestein aufweisen, das seinerseits die Kosten beeinflußt —, so ist doch eine Zunahme der Kosten mit der Mächtigkeit unverkennbar.

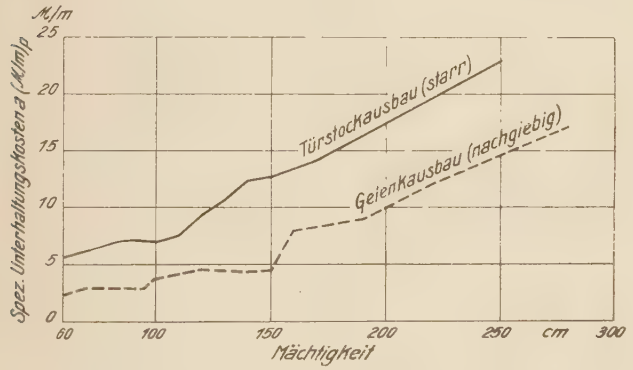


Abb. 13. Einfluß der Flözmächtigkeit auf die Höhe der spezifischen Unterhaltungskosten *a* bei verschiedenen Ausbauarten.

Während bei 60 cm Mächtigkeit die spezifischen Unterhaltungskosten im Gelenkausbau 2,30 ℳ/m und im Türstockausbau 5,60 ℳ/m betragen, erreichen sie bei 2,50 m Mächtigkeit bereits 14,50 ℳ/m. Die spezifischen Unterhaltungskosten des nachgiebigen Ausbaus liegen in diesem Falle erheblich unter denen des Türstockausbaus. Bemerkenswert ist ferner, daß im Türstockausbau schon bei 1,20 m Mächtigkeit die Kosten stark anwachsen, während im Gelenkausbau dieses starke Ansteigen erst bei 1,50 m Mächtigkeit einsetzt. Der Grund hierfür liegt in der größern Nachgiebigkeit und Beweglichkeit des Gelenkausbaus. Bis 1,70 m bzw. 1,90 m steigen die Kosten schwach an, um bei den größern Mächtigkeiten dann wesentlich schneller zuzunehmen. Der Kostenunterschied zugunsten des Gelenkausbaus ist, wie nicht anders zu erwarten war, bei den größern Mächtigkeiten höher als bei den Mächtigkeiten unter 1,20 m.

Die Sekundärwirkung.

Hierunter werden die Gebirgsbewegungen verstanden, die sich in gewissen Fällen einige Zeit nach Hindurchgehen des Abbaus und nach Beseitigung der dadurch hervorgerufenen Schäden augenscheinlich bemerkbar machen. Der Bergmann sagt in solchen Fällen, daß die Strecke nicht »zur Ruhe« kommt. Es handelt sich bei diesen Vorgängen darum, daß die durch die Abbaudruckwirkung hervorgerufenen Bewegungen nicht nach kurzer Zeit abklingen und daß die Streckendruckwirkung in dauernder Tätigkeit bleibt. Die durch das Hindurchgehen des Abbaus gewissermaßen ruckartig eingeleitete Umbildung der Trompeterschen Zone kommt also in solchen Fällen nicht zum Abschluß, nachdem das Hangende sich gesenkt hat, sondern erstreckt sich über eine größere Zeitspanne. Während dieser Zeit muß dauernd am Ausbau gearbeitet werden, wenn die Strecke förderfähig bleiben soll.

Die Notwendigkeit, Unterhaltungsarbeit noch auszuführen, nachdem der Abbau an der betreffenden Stelle einer Strecke längst vorüber ist, ohne daß schon wieder Gleichgewichtszustand besteht, beruht auf der Art des Nebengesteins. Weißner schreibt hierzu: »Die Lageänderung des Hangenden und Liegenden und ebenso die Auswirkung des zusätzlichen Stoßdruckes sind von den physikalischen und geologischen Eigenschaften des Gesteins abhängig, namentlich von der Festigkeit, der Elastizität und dem Gefüge. Diese Eigenschaften sind auch ausgesprochen für die Beanspruchungsart des Gesteins verantwortlich zu machen«. Derartige Gebirgsbewegungen führen in der betreffenden Strecke zu gewissen Querschnittsverengungen oder zur Zerstörung von Ausbauteilen und machen so den Einsatz von Unterhaltungsarbeit erforderlich. Sie treten in Strecken, durch die noch kein Abbau hindurchgegangen ist, nach einer gewissen Zeit von selbst auf (Streckendruckwirkung) oder werden durch den Abbau in der Strecke ausgelöst (Abbaudruckwirkung). Sie kommen in vielen Fällen nach gewisser Zeit zum Stillstand oder sind während der ganzen Betriebsdauer einer Strecke wirksam. So ist es eine Eigenart der Flöze des Waldenburger Bezirks, daß sie in mehr oder minder weiche Ton- oder Tonschieferschichten von wechselnder Stärke eingebettet sind. Die Tatsache, daß abgebaute Strecken, die man sich selbst überläßt, nach verhältnismäßig kurzer Zeit »zuheilen«, wie der niederschlesische Bergmann sich ausdrückt, ist auf diese weichen Tonschichten zurückzuführen. Die Unterhaltungsarbeit infolge Sekundärwirkung muß daher in solchen Strecken während der ganzen Betriebsdauer geleistet werden; sie besteht im Auswechseln von Türstöcken, Einbringen von Zwischenbauen, Nachnehmen der im Laufe der Zeit etwa hochgequollenen Sohle usw.

Die Höhe der dadurch verursachten absoluten Unterhaltungskosten ist abhängig von den vorliegenden Gebirgsverhältnissen (in der Hauptsache von der Art des Nebengesteins) sowie von der zu unterhaltenden Streckenlänge und der Zeit; denn je länger eine Strecke von bestimmter Länge der Sekundärwirkung ausgesetzt ist, desto höher sind die Kosten und umgekehrt; sie wachsen ferner entsprechend der Streckenlänge, die in jedem Monat unterhalten werden muß. Im Durchschnitt der gesamten Strecke gesehen, müssen daher die im Laufe

eines Monats auf einen Meter Strecke entfallenden Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung ständig gleich sein; ihr Betrag wäre nur abhängig von den Naturgegebenheiten.

Wenn aber die Höhe der Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung im Laufe eines Monats für jeden Meter Strecke dieselbe bleibt, dann ist der Betrag der absoluten Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung verhältnisgleich einer Größe mit der Dimension Meter · Monate. Die Zahl der Meter · Monate wird bestimmt von der absoluten Lebensdauer und der durchschnittlichen Streckenlänge. Die durchschnittliche Streckenlänge, für die Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung aufgewendet werden müssen, ist aber nicht gleichbedeutend mit der durchschnittlichen Streckenlänge L, so daß auch das Längenalter in bezug auf die Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung nicht mit dem absoluten Längenalter C übereinstimmt. Denn die Streckenlänge x_5 z. B. (Abb. 4) wird nicht im fünften, sondern frühestens im sechsten Monat — falls die Primärwirkung schon beseitigt ist — mit Unterhaltungsarbeit zur Beseitigung der durch Sekundärwirkung verursachten Schäden belegt; im fünften Monat spielt sich diese Unterhaltungsarbeit innerhalb der Streckenlänge x_4 ab. Das Längenalter in bezug auf die Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung — relatives Längenalter (C′) genannt — ist daher gleich der Summe der Flächen c_1 bis c_{n-1} oder gleich dem absoluten Längenalter vermindert um die Summe der schwarz angelegten kleinen Dreiecke (Abb. 4). Der Flächeninhalt der letztgenannten ist gleich $\frac{\Delta x \cdot \Delta t}{2} \cdot n$.

Demnach ist

$$C' = C - \left(\frac{\Delta x \cdot \Delta t}{2} \cdot n\right), \text{ da } \frac{\Delta x \cdot n}{2} = L$$

$$C' = C - (\Delta t \cdot L)$$

Auf dieses »relative Längenalter« C′ muß man die absoluten Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung beziehen. Sind sie aber proportional dem relativen Längenalter, dann müssen sie, bezogen auf die Einheit des relativen Längenalters, ständig gleich sein. Aus der Bezugsetzung ergibt sich nunmehr die Höhe der »spezifischen Unterhaltungskosten je Meter·Monat infolge Sekundärwirkung« *b*. Sie sind zum überwiegenden Teile eine Folge der Streckendruckwirkung und in untergeordnetem Maße auf die ausklingende Abbaudruckwirkung zurückzuführen. Die Mächtigkeit spielt für die Höhe dieser Kosten daher keine ausschlaggebende Rolle mehr, wie aus Abb. 14 hervorgeht.

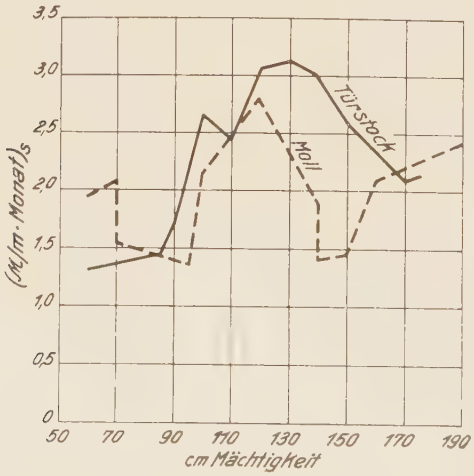


Abb. 14. Spezifische Unterhaltungskosten *b* und Mächtigkeit.

Die mit der Mächtigkeit teils steigenden, teils fallenden Werte für *b* zeigen, daß eine zwingende Abhängigkeit dieser Werte von der Mächtigkeit nicht mehr besteht. Es ist vielmehr die Art des Nebengesteins, die in der Hauptsache den Wert *b* beeinflußt, wie Abb. 15 erkennen läßt. In dieser Darstellung haben die hier in Betracht kommenden Arten des Nebengesteins — Ton und Tonschiefer — je eine Zone zugewiesen erhalten, in welcher die zugehörigen Kostenpunkte eingetragen und diejenigen gleicher Ausbauart durch Linien verbunden worden sind. Hierbei ist die feste, mittelfeste und weiche Beschaffenheit des Tonschiefers in den verschiedenen Strecken berücksichtigt worden.

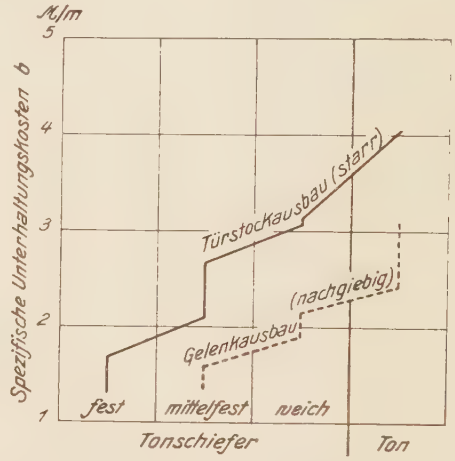


Abb. 15. Spezifische Unterhaltungskosten *b* und Art des Nebengesteins.

Die Neigung der Kosten *b*, nach der weichen und plastischen Gesteinsbeschaffenheit hin anzusteigen, tritt klar hervor. Wenn einzelne Punkte, wie z. B. der höchste und niedrigste Kostenpunkt der Strecken in starrem Türstockausbau bei mittelfestem Tonschiefer, aus dem allgemeinen Rahmen besonders stark herausfallen, so ist dies darauf zurückzuführen, daß ein in Niederschlesien häufig zu beobachtender Wechsel in der Art des Nebengesteins stattgefunden hat, der sich in diesen größern Unterschieden bemerkbar macht. Die spezifischen Unterhaltungskosten infolge Sekundärwirkung sind bei dem nachgiebigen Gelenkausbau erheblich niedriger als beim Türstockausbau. Während

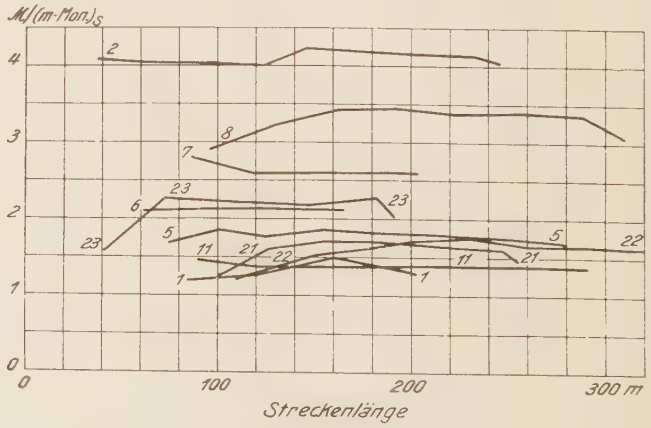


Abb. 16. Spezifische Unterhaltungskosten *b* und Streckenlänge.

sich die Differenz zwischen den höchsten Kosten *b* für Gelenkausbau und den niedrigsten Kosten *b* für Türstockausbau im mittelfesten Tonschiefer auf 52 Pf. beläuft, beträgt sie im weichen Tonschiefer 93 Pf. und im Ton 1,25 ℳ, ein Beweis dafür, daß sich bei schwierigern Verhältnissen ein ausreichend starker, aber auch nachgiebiger und beweglicher Ausbau kostenmäßig günstiger auswirkt. Die spezifischen Unterhaltungskosten *b* sind also in ihrer Höhe lediglich von den naturgegebenen Verhältnissen und der Ausbauart abhängig, während die Höhe der relativen Unterhaltungskosten mit Zeit und Länge wechselt. Daher müssen die Kosten *b* sowohl bei verschiedener Streckenlänge als auch bei verschiedenem Längenalter gleich sein, was die Abb. 16 und 17 an Hand von Wirklichkeitsbeispielen bestätigen.

Hier ist der Verlauf der durchschnittlichen Kosten *b* annähernd eine gerade Linie, von der die Kosten bei den höhern oder niedrigern Werten der Streckenlänge so wenig abweichen, daß die Unterschiede praktisch vernachlässigt werden können. Sie sind in der Eigenart der bergmännischen Arbeiten begründet, die bei an sich gleichem Umfange sich niemals mit mathematischer Genauigkeit abspielen können. Aus Abb. 16 geht hervor, daß der Durchschnittswert *b* eine für die wirklichen Bedürfnisse ausreichende Genauigkeit aufweist.

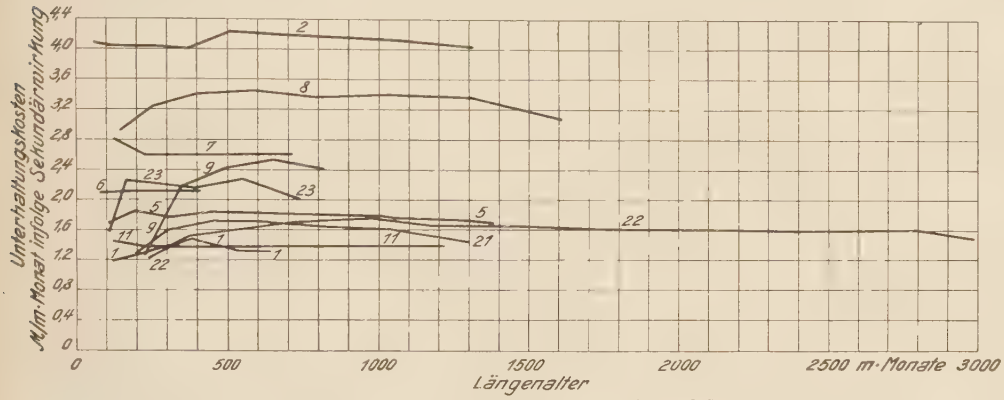


Abb. 17. Spezifische Unterhaltungskosten *b* und Längenalter.

In Abb. 17 sind die Kosten durch Sekundärwirkung je Meter mal Monat $(ℳ/m \cdot M)_s$ ebenfalls praktisch ständig gleich. Die geringen Schwankungen bei den niedrigern Werten des Längenalters beruhen teils auf dem Anlaufen, teils auf dem willkürlich stärkern oder schwächern Einsatz von Unterhaltungsarbeit. Mit wenigen Ausnahmen beginnt diese zur Beseitigung der Sekundärwirkung bei einem Längenalter von etwa 100 m · M. Die im Verhältnis zu den sonstigen Schwankungen großen Unterschiede zwischen erstem und zweitem Monat sind darin begründet, daß die Unterhaltungsarbeit im Anfang etwas schwächer anläuft, besonders bei den Strecken 23 und 9; dann bewegt sich jedoch die Kurve der Kosten annähernd parallel der Linie des zunehmenden Längenalters, wie dies namentlich bei den Strecken 22, 6, 7 und 8 deutlich in Erscheinung tritt. Im letzten Monat sinken die Kosten wieder ab, weil man kurz vor Beendigung des Abbaus mit geringern Aufwendungen in der Unterhaltung die Betriebssicherheit gewährleisten kann. Die Strecke 9 mit den starken Schwankungen im Kostenverlauf zeigt, daß hier in der Absicht, möglichst niedrige Unterhaltungskosten zu erzielen, der Einsatz der Unterhaltungsarbeit anfangs sehr zögernd betrieben worden ist. Eine Ersparnis hat man dadurch jedoch nicht erzielt, weil in den folgenden Monaten fast die doppelten Beträge aufgewendet werden mußten. Durch die anfangs sehr schwache Belegung hat man nicht nur keine Vorteile erzielt, sondern in der Folgezeit eine gewisse Überbelegung vornehmen müssen, um eine Behinderung der Abbaustreckenförderung zu vermeiden. Wenn derartige Kosten mitunter völlig regellos verlaufen, so ist dies kein Beweis für die Unkontrollierbarkeit der durch Bewegungsvorgänge im Gebirge verursachten Kosten, sondern es zeigt nur, daß der Einsatz der Unterhaltungsarbeit statt planmäßig erst aus dem Zwang der augenblicklichen Lage erfolgt ist.

Gesetzmäßigkeit der Unterhaltungskosten.

Durch Aufteilung der absoluten Unterhaltungskosten in Primärkosten und Sekundärkosten wird der kostenmäßige Einfluß der absoluten Länge an sich und der Länge als Funktion der Zeit bei der Unterhaltung erkennbar. Voraussetzung für einen gesetzmäßigen Verlauf der Unterhaltungskosten ist die planmäßige Beseitigung der durch Primärwirkung und Sekundärwirkung verursachten Schäden. Trifft diese Voraussetzung zu, dann gilt folgende Gesetzmäßigkeit.

Allgemeiner Fall. Die Unterhaltungskosten von Abbaustrecken setzen sich aus zwei Teilen zusammen. Bei sonst gleichen Abbaustrecken von verschiedener Länge und bei verschiedener Verhiebgeschwindigkeit sind die absoluten Unterhaltungskosten infolge Primärwirkung verhältnisgleich der Streckenlänge und die infolge Sekundärwirkung verhältnisgleich dem relativen Längenalter. Die spezifischen Unterhaltungskosten sind konstant, die relativen Unterhaltungskosten veränderlich.

Besondere Fälle. 1. In Strecken, in denen infolge der Gebirgsverhältnisse oder besonderer Ausbauart keine Unterhaltungskosten durch Primärwirkung entstehen, sind die absoluten Unterhaltungskosten verhältnisgleich dem absoluten Längenalter. Die relativen Unterhaltungskosten je m · M sind konstant, die relativen je m veränderlich. 2. In Strecken, in denen infolge günstigen Nebengesteins keine Aufwendungen durch Sekundärwirkung entstehen, sind die absoluten Unterhaltungskosten verhältnisgleich der Streckenlänge. Die relativen Unterhaltungskosten je m sind konstant, diejenigen je m · M veränderlich.

Im allgemeinen Falle bedarf es der Bestimmung der Höhe der spezifischen Unterhaltungskosten des betreffenden Flözes. Hierfür wird man aber nur eine Abbaustrecke heranziehen können, in der zur Beseitigung der durch Primärwirkung entstandenen Schäden die Unterhaltungsarbeit sich in dem Abstande vom Abbaustoß befindet (und hinter diesem herbewegt), der erfahrungsgemäß für das betreffende Flöz am günstigsten ist, und wenn ferner die zur Beseitigung der durch Sekundärwirkung entstandenen Schäden erforderliche Unterhaltungsarbeit gleichmäßig geleistet wird. Diese Forderung nach

einer planmäßigen und mit dem Abbaufortschritt in ständiger Fühlung bleibenden Belegung der Abbaustreckenunterhaltung ist nicht nur Vorbedingung für das Höchstmaß ihrer Wirtschaftlichkeit, sondern auch für den reibungslosen Ablauf des ganzen Betriebes an sich. Denn die zeitweise gänzlich vernachlässigte Unterhaltung und die dann ruckartig einsetzende und wieder abklingende Überbelegung der Abbaustreckenunterhaltung macht die Betriebsführung in ihren Entschlüssen und Maßnahmen abhängig von den jeweiligen Verhältnissen, statt daß die Verhältnisse durch den menschlichen Geist und die betriebliche Erfahrung gemeistert werden. Auch würde in Fällen, in denen der Einsatz von Unterhaltungsarbeit lediglich unter dem Zwange der augenblicklichen Lage und nicht planmäßig erfolgt, die Berechnung der Werte *a* und *b* ungenaue Ergebnisse zeitigen. Da sich eine Gesetzmäßigkeit auf methodischen Grundlagen aufbaut, kann eine ausreichende Genauigkeit nur bei einem planmäßigen Betriebsvorgange erwartet werden. Bei bekannten spezifischen Unterhaltungskosten einer Strecke von der Gesamtlänge R und dem relativen Längenalter C′ würde für die Höhe der absoluten Unterhaltungskosten unter sonst gleichen Bedingungen bei der Länge R_1 und dem relativen Längenalter C'_1 die Gleichung gelten:

$$U_1 = (a \cdot R_1) + (b \cdot C'_1)\ \mathcal{M} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 1.$$

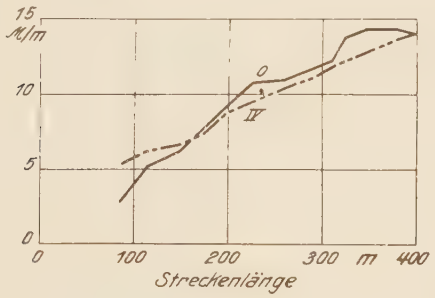


Abb. 18. Relative Unterhaltungskosten in ihrem tatsächlichen Verlauf (ausgezogene Linie) und berechnet mit Hilfe der spezifischen Unterhaltungskosten (IV).

Wie Abb. 18 zeigt, kommt der Verlauf der Kurve IV des schon anfangs gebrachten Beispiels (berechnet mit Hilfe des Begriffes »spezifische Unterhaltungskosten«) dem tatsächlichen Verlauf der Kosten so nahe, daß die Genauigkeit für die Wirklichkeit völlig ausreichen dürfte. Der Verlauf der Kurve IV in Abb. 19, die den Genauigkeitsgrad darstellt, läßt dies noch viel besser in Erscheinung treten. Hier ist das Verhältnis der tatsächlichen absoluten Unterhaltungskosten zu den rechnerisch ermittelten absoluten Unterhaltungskosten einer Abbaustrecke des Waldenburger Liegendzuges dargestellt, deren Werte aus der Zahlentafel 3 zu entnehmen sind.

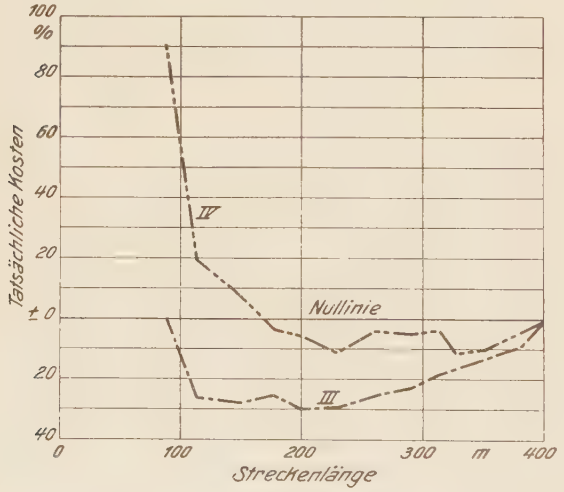


Abb. 19. Unterschied in Hundertteilen der tatsächlichen absoluten Unterhaltungskosten einer Strecke (Null-Linie) bei verschiedener Länge gegenüber dem Ergebnis verschiedener Berechnungsarten (Kurve III und IV).

Zahlentafel 3.

Streckenlänge	Absolute Unterhaltungskosten			Ungenauigkeit der Berechnungsart gegenüber den tatsächlichen Kosten	
	tatsächlich	berechnet nach III[1]	berechnet nach IV[1]	III	IV
m	ℳ	ℳ	ℳ	%	%
87	244	243	464	—	+ 90,2
113	577	429	690	− 25,7	+ 19,6
149	917	661	986	− 27,9	+ 7,5
177	1352	955	1300	− 29,4	− 3,8
199	1834	1288	1727	− 29,8	− 5,8
229	2464	1735	2175	− 29,6	− 11,7
260	2822	2110	2690	− 25,2	− 4,7
289	3377	2590	3211	− 23,3	− 4,9
313	3842	3130	3695	− 18,5	− 3,8
326	4448	3705	3960	− 16,7	− 10,9
350	4999	4310	4495	− 13,8	− 10,1
382	5465	4960	5220	− 9,2	− 4,5
403	5648	5648	5648	± 0	± 0

[1] III bedeutet mit Hilfe der relativen Unterhaltungskosten (ℳ/m · M), IV mit Hilfe der vorstehenden Gleichung 1.

Zur Berechnung der Werte in Spalte 4 sind die spezifischen Unterhaltungskosten *a* und *b* zu ermitteln. Die absoluten Unterhaltungskosten in Höhe von 5648 ℳ setzen sich zusammen aus Primärkosten in Höhe von 1561 ℳ bei 403 m Streckenlänge und Sekundärkosten in Höhe von 4087 ℳ bei einem relativen Längenalter von 2972 m · M. Hieraus ergibt sich:

$$a = 1561\ \mathcal{M} : 403\ \text{m} = 3{,}86\ (\mathcal{M}/\text{m})_p,$$
$$b = 4087\ \mathcal{M} : 2972\ \text{m} \cdot \text{M} = 1{,}83\ (\mathcal{M}/\text{m} \cdot \text{M})_s.$$

Die stark ausgezogene Null-Linie in Abb. 19 entspricht den tatsächlichen Unterhaltungskosten; die Fläche oberhalb und unterhalb der Null-Linie ist senkrecht in Hundertteile der tatsächlichen absoluten Unterhaltungskosten eingeteilt, auf der Waagrechten kann man die Streckenlängen ablesen. Die Linien des Kostenverlaufes bei verschiedener Länge sind berechnet auf Grund der relativen Unterhaltungskosten ℳ/m · M (Kurve III) sowie der spezifischen Unterhaltungskosten *a* und *b* (Kurve IV). Die starke Abweichung der berechneten Kosten der Kurve IV von den tatsächlichen Kosten bis 113 m Streckenlänge erklärt sich im vorliegenden Falle wie folgt: Man hat versucht, die Unterhaltungskosten dadurch möglichst niedrig zu halten, daß man den Beginn der Instandsetzung sehr lange hinauszögerte und sie dann noch sehr schwach betrieb. Dadurch blieb man anfangs mit den Kosten niedriger, als es bei den vorliegenden Gebirgsverhältnissen erforderlich gewesen wäre, mußte aber in der Folgezeit höhere Beträge aufwenden, um einen reibungslosen Ablauf der Abbaustreckenförderung zu gewährleisten; denn durch den verspäteten Beginn war der Verfall übermäßig weit fortgeschritten. Hier zeigt sich, daß man eben ein durch die Gebirgsverhältnisse bedingtes Mindestmaß an Unterhaltungskosten aufwenden muß (nämlich in Höhe der spezifischen Unterhaltungskosten) und daß

willkürliche Versuche, diesen Mindestwert durch verspäteten Einsatz oder zögerndes Betreiben der Unterhaltungsarbeit zu unterschreiten, keine Aussicht auf Erfolg haben. Erst durch dieses Untersuchungsverfahren mit Hilfe der spezifischen Unterhaltungskosten werden solche Fehler einer nicht planmäßig betriebenen, sondern willkürlich nach subjektivem Ermessen geführten Unterhaltungsarbeit offenbar. Die Kurve III weist verhältnismäßig große Unterschiede auf, während die Kurve IV die größte überhaupt mögliche Genauigkeit für sich in Anspruch nehmen kann.

Beispiele.

1. Einfluß der Verhiebgeschwindigkeit.

Von einer Abbaustrecke mit der Länge 245,8 m und dem relativen Längenalter 1189 m · M sind die absoluten Unterhaltungskosten in Höhe von 10416 ℳ bekannt. Die Primärkosten betrugen 5601 ℳ, die Sekundärkosten 4815 ℳ. Es ist daher

$$a = 5601\,ℳ : 245{,}8\,m = 22{,}83\,(ℳ/m)_p,$$
$$b = 4815\,ℳ : 1189\,m \cdot M = 4{,}04\,(ℳ/\cdot M)_s.$$

Die relativen Unterhaltungskosten betrugen 4238 ℳ/m und 7,94 ℳ/m · M. Die durchschnittliche Baugeschwindigkeit erreichte 20,5 m/Monat. Es soll festgestellt werden, wie hoch die Kosten bei einem täglichen Verhieb von 1,3 m (v = 32,5 m/Monat) sein würden. Zu diesem Zwecke ist das relative Längenalter bei einer Baugeschwindigkeit von 32,5 m/Monat zu berechnen.

$$C = t^2 \cdot \frac{v}{2} = 929\,m \cdot M$$
$$(t = 245{,}8\,m : 32{,}5\,m/M = 7{,}56\,Monat)$$
$$(L = C : t = 123\,m)$$
$$C' = C - (L \cdot \Delta t) = 806\,m \cdot M.$$

Hieraus errechnen sich die absoluten Unterhaltungskosten zu

$$U = 5601\,ℳ + (806\,m \cdot M \cdot 4{,}04\,ℳ/m \cdot M)$$
$$= 8857\,ℳ.$$

Die relativen Unterhaltungskosten betragen dann 36,03 ℳ/m und 9,54 ℳ/m · M. Durch Erhöhung der Verhiebgeschwindigkeit von 20,5 auf 32,5 m/M ist demnach eine Ersparnis von 10416 − 8857 = 1559 ℳ an absoluten Unterhaltungskosten möglich.

2. Einfluß der Streckenlänge.

Die streichende Baulänge möge für die genannte Strecke 400 m betragen und die Verhiebgeschwindigkeit 32,5 m/M. Dann errechnet sich das Längenalter zu

$$C = t^2 \cdot \frac{v}{2} (t = 400\,m : 32{,}5\,m/M = 12{,}3\,Monate)$$
$$C = 2460\,m \cdot M\ (L = C : t = 200\,m)$$
$$C' = 2260\,m \cdot M$$
$$U = (a \cdot R) + (b \cdot C') = 9132\,ℳ + 9130\,ℳ$$
$$= 18262\,ℳ.$$

In diesem Falle würde die Höhe der relativen Unterhaltungskosten 45,65 ℳ/m und 7,42 ℳ/m · M betragen. Es liegen also auch bei den scheinbar völlig unkontrollierbaren Unterhaltungskosten von Abbaustrecken bestimmte Gesetzmäßigkeiten vor. Die Höhe der absoluten und relativen Unterhaltungskosten einer Abbaustrecke ist nicht nur von Zufälligkeiten und Unwägbarkeiten abhängig; diese üben ihren Einfluß lediglich auf die Höhe der Werte *a* und *b* aus.

Einfluß des Betriebes auf die Höhe der relativen Unterhaltungskosten.

Der Einfluß der naturgegebenen Verhältnisse drückt sich in der Höhe der spezifischen Unterhaltungskosten aus. Bei einer bestimmten Ausbauart liegen diese Kosten fest. Die Höhe der relativen Unterhaltungskosten jedoch ist veränderlich in unmittelbarer Abhängigkeit von Zeit und Länge. Die Größe dieser beiden Faktoren (und damit die Höhe der relativen Unterhaltungskosten) zu bestimmen, liegt aber durchaus in der Hand des Betriebes.

In den angeführten Beispielen betrugen die Unterhaltungskosten unter gleichen Voraussetzungen:

Streckenlänge	Verhiebgeschwindigkeit	Absolut	Relativ	
m	m/Monat	ℳ	ℳ/m	ℳ/m · M
245,8	20,5	10 416	42,38	7,94
245,8	32,5	8 857	36,03	9,54
400,0	32,5	18 262	45,65	7,42

Die obigen Ergebnisse sind insofern bemerkenswert, als trotz wesentlich erhöhter Baugeschwindigkeit (32,5 gegen 20,5 m/M) die relativen Unterhaltungskosten bei der 400 m langen Strecke je m um rd. 10 % höher liegen als bei der nur 245,8 m langen Strecke. Die relativen Unterhaltungskosten je m · M liegen zwar um 52 Pf. niedriger, aber infolge des hohen C-Wertes, der mit der größern Streckenlänge zusammenhängt, erhöhen sich die absoluten Unterhaltungskosten wesentlich. Das Längenalter C wird aber von Streckenlänge und Lebensdauer bestimmt, und die letztgenannte hängt wiederum von der Baugeschwindigkeit ab. Letzten Endes ist demnach für die Höhe der relativen Unterhaltungskosten das Verhältnis maßgebend, in dem Baugeschwindigkeit und Streckenlänge zueinander stehen. Am günstigsten wäre ein solches Verhältnis von Baugeschwindigkeit zu Streckenlänge, bei dem sich für das Längenalter der niedrigste überhaupt erreichbare Wert ergibt. Zur Bestimmung dieses Wertes ist es erforderlich, die Abhängigkeit des Längenalters von Baugeschwindigkeit (v) und durchschnittlicher Streckenlänge (L) nachzuprüfen.

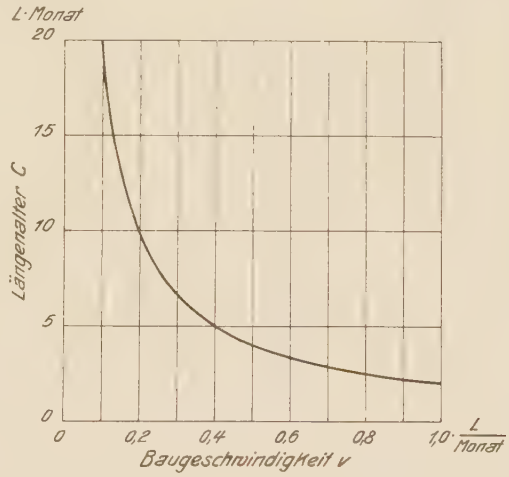


Abb. 20. Längenalter in Abhängigkeit von Baugeschwindigkeit und durchschnittlicher Streckenlänge.

Das Längenalter C (m · M) kann in Vielfachen von L · M, die Baugeschwindigkeit v (m/M) in Bruchteilen von L/M dargestellt werden. In Abb. 20 ist auf der Senkrechten das Längenalter statt in dem Maßstab m · M in dem Maßstab L · M und auf der Waagrechten die Baugeschwindigkeit statt in dem Maßstab m/M in dem Maßstab L/M aufgetragen. An Stelle der schwerfälligen Schreibweise von z. B. v = L/1 Monat

oder $v = L/5$ Monate ist der Ausdruck $v = 1 \cdot \frac{L}{M}$ bzw. $v = 0{,}2 \cdot \frac{L}{M}$ gewählt worden. Der Verlauf der Kurve zeigt das Ansteigen des Längenalters (und damit Wachsen der Unterhaltungskosten) einer Strecke, je kleiner der Wert v — gemessen in Teilen von L/M — wird. Es kommt also nicht auf die absolute Baugeschwindigkeit an, sondern auf die Baugeschwindigkeit im Verhältnis zur Streckenlänge. Die Kurve ist berechnet für $v = 1 \cdot \frac{L}{M}$ und $v = 0{,}1 \cdot \frac{L}{M}$ sowie für $C = 2L \cdot M$ und $C = 20L \cdot M$ als äußerste Grenzen.

Die Höhe des Wertes C läßt sich für jede Streckenlänge und Baugeschwindigkeit unmittelbar ablesen. Bis herab zu einer Baugeschwindigkeit von $v = 0{,}5 \cdot \frac{L}{M}$ verläuft die C-Kurve etwa gleichmäßig ansteigend, steigt dann bis $v = 0{,}2 \cdot \frac{L}{M}$ wesentlich steiler an, um schließlich in der kurzen Entfernung von 0,2 bis $0{,}1 \cdot \frac{L}{M}$ auf den doppelten Wert anzuwachsen. Im Hinblick auf die absoluten Unterhaltungskosten, die mit wachsendem C-Wert ansteigen, sollte daher ein Überschreiten des Wertes $v = 0{,}2 \cdot \frac{L}{M}$ vermieden werden.

Setzt man die Werte v und L zueinander im Verhältnis, so ergibt sich als Kennziffer ein Wert mit der Dimension 1/M. Abb. 20 zeigt, daß der Wert C immer günstiger wird, je mehr der Wert $\frac{v}{L}$ sich $1 \left(\frac{1}{M}\right)$ nähert, daß sich damit also die relativen Unterhaltungskosten je m dem günstigsten überhaupt möglichen Werte nähern. Je mehr der Wert v/L nach Null hingeht, desto stärker wird der Einfluß der Zeit, desto höher infolgedessen der Wert C, und desto höher stellen sich die Unterhaltungskosten. Der Wert v/L gibt also einen Gradmesser dafür ab, wie die an sich vorhandenen Möglichkeiten in unterhaltungstechnischem Sinne ausgenutzt worden sind. Aus diesem Grunde wird der Wert v/L der »Unterhaltungstechnische Ausnutzungsgrad« einer Abbaustrecke genannt und mit dem Buchstaben q bezeichnet. Die Bedeutung, die dieser Wert für den Betrieb besitzt, geht aus dem nachstehenden Beispiel hervor.

Auf einer Anlage, deren Streben auf einen Abbaufortschritt von 1 m/Tag zugeschnitten sind, sei die streichende Baulänge zwischen den Querschlägen 600 m. Bei zweiflügeligem Abbau will die Betriebsleitung wissen, in welchem Umfange die Unterhaltungskosten der Abbaustrecken beeinflußt werden, wenn man die streichende Baulänge auf 800 m erhöht. Die spezifischen Unterhaltungskosten sind in ihren Konstanten *a* und *b* bekannt. Es handelt sich also um eine Erhöhung der Streckenlängen von 300 auf 400 m. Im ersten Falle ist $L = 150$ m, $v = 25$ m/M; $q = 0{,}167 \left(\frac{1}{M}\right)$. Aus Abb. 20 ist zu ersehen, daß schon jetzt der unterhaltungstechnische Ausnutzungsgrad nicht gerade günstig ist, weil der Wert $0{,}167 \left(\frac{1}{M}\right)$ bereits im steil ansteigenden Teil der C-Kurve liegt, Längenalter daher $= 12L \cdot M$. Eine Vergrößerung der Querschlagsabstände auf 800 m würde den Wert q weiterhin verschlechtern auf ($L = 200$ m, $v = 25$ m/M) 25 m/M : 200 m $= 0{,}125 \left(\frac{1}{M}\right)$. Der C-Wert steigt dadurch von rd. 12 auf 16 $L \cdot M$ um rd. 4 $L \cdot M$, im vorliegenden Falle also um $4 \cdot 200$ m $\cdot$ M. Bei Kosten von $b = 2{,}50$ $(\mathcal{M}/\text{m} \cdot \text{M})_s$ würde diese Erhöhung des C-Wertes eine Steigerung der Unterhaltungskosten um rd. 800 m $\cdot$ M $\cdot$ 2,50 $\mathcal{M}$/m $\cdot$ M = 2000 $\mathcal{M}$ bedeuten, wodurch die relativen Unterhaltungskosten um 5 $\mathcal{M}$/m steigen würden. Hieraus ergibt sich die Erhöhung der Kosten je t Kohle, die durch Vergrößerung der Querschlagsabstände allein bei dem Betriebsvorgang »Unterhaltung von Abbaustrecken« einträte. Abgesehen von andern Gesichtspunkten, die bei einer derartigen Maßnahme mitwirken, ist also im Hinblick auf die Unterhaltungskosten eine Vergrößerung der Querschlagsabstände nicht zu befürworten. Will man eine solche Maßnahme ohne Erhöhung der Unterhaltungskosten durchführen, so ist dies nur möglich, wenn sich gleichzeitig die Baugeschwindigkeit erhöhen läßt; denn nur so läßt sich der Wert q auf derselben Höhe halten. Der Wert v_1 ergibt sich aus den bekannten Werten $L = 200$ m und $q = 0{,}167 \left(\frac{1}{M}\right)$. $v_1 = 200$ m $\cdot$ $0{,}167 \left(\frac{1}{M}\right) = 33{,}4$ m/M. Hieraus erhält man den täglichen Abbaufortschritt zu 1,33 m. Ohne Erhöhung der Unterhaltungskosten kann eine Vergrößerung der Querschlagsabstände nur erfolgen, wenn es innerhalb der betrieblichen Möglichkeiten liegt, den Abbaufortschritt auf 1,33 m/Tag zu erhöhen. Anderfalls muß man von den durch Vergrößerung der Querschlagsabstände erzielten Einsparungen auf andern Gebieten die Erhöhung der Unterhaltungskosten in Abzug bringen.

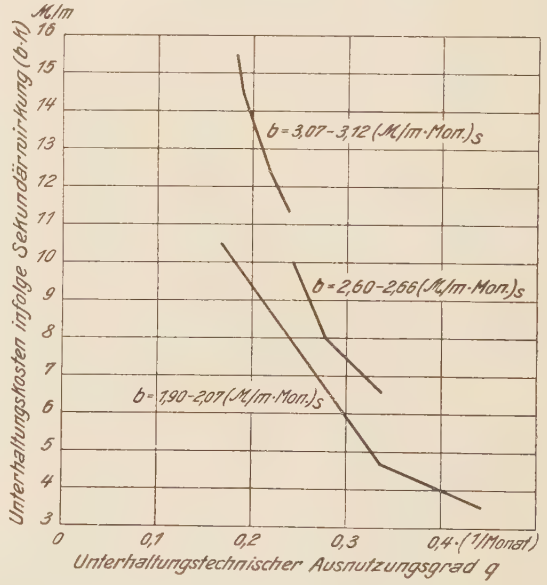


Abb. 21. Trotz gleicher Gebirgsverhältnisse (*b* ungefähr gleich hoch) verschieden hoher Anteil der Sekundärkosten an den relativen Unterhaltungskosten.

Der maßgebende Einfluß, den das Verhältnis Baugeschwindigkeit zu durchschnittlicher Streckenlänge ausübt, ist an Hand von Beispielen aus Niederschlesien in Abb. 21 dargestellt. Hier sind bei etwa gleich hohen spezifischen Unterhaltungskosten *b* die relativen Unterhaltungskosten je m in Abhängigkeit von *q* aufgezeichnet. Bei an sich gleichen Kosten *b*, d. h. unter völlig übereinstimmenden natürlichen Bedingungen, sind durch die verschiedenen Arten der

Betriebsführung (verschiedene Werte q), also infolge von Maßnahmen, die zu treffen der Betriebsmann in der Hand hat, Kostenunterschiede bis zu 6,85 ℳ/m aufgetreten. Nicht etwa, weil die Gebirgsverhältnisse dies bedingten, sondern weil im Verhältnis zur Streckenlänge der Abbaufortschritt hoch war, betrugen in dem einen Falle die Kosten 3,56 ℳ/m, in dem andern Falle dagegen 10,41 ℳ/m, weil der Abbaufortschritt hier im Verhältnis zur Streckenlänge zu gering war (v/L – 0,448 gegen $0{,}169\left(\frac{1}{M}\right)$). Die Tatsache, daß hier übergeordnete Gesichtspunkte den ungünstigen Wert $0{,}169\left(\frac{1}{M}\right)$ zur Folge hatten, ist für die vorliegende Untersuchung nebensächlich. Das Beispiel zeigt eindringlich, daß nicht unerhebliche Geldbeträge bei der Unterhaltung der Abbaustrecken in keiner Weise durch die Gebirgsverhältnisse bedingt sind, sondern daß ihre Aufwendung oder Einsparung durchaus in der Hand des Bergmanns liegt. Wie die oberste sehr steil ansteigende Kurve in Abb. 21 lehrt, ist in einem Flöz mit hohen spezifischen Unterhaltungskosten b besonderes Augenmerk auf einen günstigen Wert q zu legen, weil hier schon durch geringe Erhöhung des Wertes q beträchtliche Einsparungen erzielt werden können.

Die mit Hilfe wissenschaftlicher Verfahren gefundenen Gesetzmäßigkeiten sollen im Betriebe nutzbar gemacht werden, jedoch bedeutet das Arbeiten mit einer Anzahl verschiedener Werte hierbei eine gewisse Erschwerung. Aufgabe der Wissenschaft ist es, die gewonnenen Erkenntnisse in eine Form zu bringen, die es jedem am Betriebe Beteiligten ermöglicht, auch ohne eingehendes Studium der Zusammenhänge die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung zu verwerten.

Diese Überlegung führt zur Prüfung der Frage, welcher Begriff bei der Unterhaltung der Abbaustrecken im Betriebe am gebräuchlichsten ist und am besten den Unterhaltungszustand einer Strecke kennzeichnet, und zwar so, daß sofort eine klare Vorstellung von dem Umfang der erforderlichen Unterhaltungsarbeit entsteht. Es ist dies ohne Zweifel der Begriff »Relative Unterhaltungskosten in ℳ/m« (u). Die spezifischen Unterhaltungskosten müssen daher zu den relativen Unterhaltungskosten je m in Beziehung gesetzt werden. Bei den erstgenannten handelt es sich um ungleichwertige Kostenelemente. Rechnet man b um in einen Wert mit der Dimension ℳ/m, so ergibt sich für diesen Wert $b' = b \cdot \frac{C'}{R}$. Bezeichnet man den Quotienten C'/R mit k, so ist der Kostenanteil der Sekundärwirkung an den relativen Unterhaltungskosten je m $b \cdot k$; die relativen Unterhaltungskosten je m Strecke betragen dann:

$$u = a + (b \cdot k)\ \text{ℳ/m}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2.$$

Die Berechnung des Wertes k baut sich auf folgenden Beziehungen auf

$$k = \frac{C'}{R} \left| \begin{array}{l} C' = C - (L \cdot \Delta t) \\ \quad = (L \cdot t) - (L \cdot \Delta t),\ \text{da}\ t = n \cdot \Delta t \\ \quad = (n-1) \cdot L \cdot \Delta t \end{array} \right.$$

$$k = \frac{(n-1) \cdot L}{R} \cdot \Delta t = \frac{n-1}{2} \cdot \backslash t$$

Für die Streckenlänge R = 150 m und den Abbaufortschritt f = 0,5 m/Tag ist k = 5,5 M. Es ist v = f · 25 Tg. = 12,5 m/M. t = 150 m : 12,5 m/M = 12 Monate. $k = \frac{n-1}{2} \cdot \Delta t = 5{,}5$ Monate. In der nachstehenden Tafel (Abb. 22) ist k für die Streckenlängen von 150 bis 500 m und für die Abbaufortschritte 0,5 bis 3 m/Tag berechnet.

Auf der untern Waagrechten sind die Streckenlängen und auf der Senkrechten links die täglichen Abbaufortschritte eingetragen. Dieses Netz wird überspannt von den Linien für k innerhalb der Grenzen k = 0,6 und 11,5 Monate. Sollen z. B. bei bekannten spezifischen Unterhaltungskosten a und b die Unterhaltungskosten je m für 350 m Streckenlänge und 2 m/Tag Abbaufortschritt festgestellt werden, dann geht man auf der Linie 350 m Streckenlänge aufwärts bis zum Abbaufortschritt 2 m/Tag. Vom Schnittpunkt dieser beiden Linien verfolgt man die hier durchlaufende k-Linie nach rechts oben und findet k = 3 Monate. Dann ist $u = a + (3\,M \cdot b)$ ℳ/m. Der für die Wirtschaftlichkeit wichtigste Wert ℳ/t ist unmittelbar von den Kosten ℳ/m abhängig.

Aus den Gleichungen 1 und 2 ist zu ersehen, daß es darauf ankommt, die Kosten zu a durch die Wahl der entsprechenden richtigen Ausbauart möglichst niedrig zu halten und die Kosten zu b dadurch mit einem möglichst geringen Anteil wirksam werden zu lassen, daß man die Verhiebgeschwindigkeit in ein möglichst günstiges Verhältnis zur Streckenlänge bringt. Große streichende Baulängen ohne eine entsprechend große Verhiebgeschwindigkeit sind ungünstig. Lediglich in Strecken, die unter Sekundärwirkung nicht zu leiden haben, wirkt sich die längere Standdauer nicht unmittelbar aus.

Will man es also vermeiden, eine willkürliche Entscheidung darüber treffen zu müssen, welches Flöz in vorkommenden Fällen mit hoher Verhiebgeschwindigkeit gebaut werden muß und in welchem Flöz ein geringerer Fortschritt in Kauf genommen werden kann, ohne daß man dies mit hohen Mehrkosten bei der Unterhaltung der Abbaustrecken bezahlen muß, so ist man dazu in der Lage, wenn man die spezifischen Unterhaltungskosten eines jeden Flözes kennt. Auch das Urteil darüber, ob in zurückliegenden Fällen in bezug auf die Höhe der Unterhaltungskosten zweckmäßig und wirtschaftlich verfahren worden ist, ist dann nicht mehr vom subjektiven Ermessen abhängig, sondern kann objektiv gefunden und erhärtet werden.

Es versteht sich von selbst, daß man bei Anwendung der Gleichung 2 im Betriebe nur dann genaue Ergebnisse erzielen wird, wenn die für die Gültigkeit dieser Gleichung erforderlichen Voraussetzungen erfüllt sind. Vorbedingung für die Genauigkeit des Ergebnisses der Gleichung 2 $u = a + (b \cdot k)$ ist aber, daß die Ausführung der Unterhaltungsarbeiten planmäßig erfolgt.

Anwendung der Betrachtungen zur Ermittlung der zweckmäßigsten Ausbauart.

Als Ergebnis der bisherigen Untersuchungen muß angenommen werden, daß die Unterhaltungskosten dann am niedrigsten sind, wenn bei einem möglichst günstigen Wert q als Ausbauart nachgiebiger Gelenkausbau gewählt wird; denn die spezifischen Unterhaltungskosten a und b sind bei diesem günstiger als bei starrem Türstockausbau, wie die Abb. 13 und 14 zeigen. Wie groß hierdurch die Unterschiede der

relativen Unterhaltungskosten werden können, zeigt nachstehender Vergleich: Flöz 1 einer niederschlesischen Steinkohlengrube wurde zu gleicher Zeit auf beiden Seiten des Abteilungsquerschlages gebaut. Man setzte die Kopfstrecken der Streben auf der einen Seite (193 m streichende Baulänge) in Türstockausbau, auf der andern Seite (403 m streichende Baulänge) in Gelenkausbau. Beide Ausbauarten unterlagen denselben Betriebsverhältnissen. Der Abbau rückte zu Feld, durch die 2trümige Strecke mußte man Holz und Berge befördern, der Oberstoß der Strecke wurde durch den etwa 4 Jahre früher erfolgten alten Abbau gebildet; eine Beeinflussung durch den Abbau benachbarter Flöze fand nicht statt. Die technischen Umstände und die Unterhaltungskosten dieser beiden Strecken waren:

	Starrer Türstockausbau	Nachgiebiger Gelenkausbau
Streckenlänge R . . . . . m	193,00	403,00
Baugeschwindigkeit v . . . . . m M	19,03	25,20
Spezifische Unterhaltungskosten a . . . . . (ℳ/m)$_p$	12,58	3,86
„ b . . . . (ℳ/m · M)$_s$	2,00	1,38
Relative Unterhaltungskosten u . . . . . ℳ/m	19,23	14,01
„ e . . . . . ℳ/m · M	5,04	1,78
Unterhaltungstechnischer Ausnutzungsgrad q . . $\left(\frac{1}{M}\right)$	0,263	0,127

Der Türstockausbau bestand aus einer Kappschiene auf 2 bzw. 3 Stempeln. Der Ausbau vermochte die Primärwirkung nicht aufzunehmen und mußte etwa 20 m hinter dem Abbaustoß folgend nachgebaut werden. Beim Gelenkausbau, der aus 2 eisernen Schenkeln (System Moll) mit eichenen Firstenläufern und Stoßläufern aus Weichholz bestand, hatte man 1,4 m lange Holzstempel verwendet. Der Gelenkausbau vermochte die Primärwirkung verhältnismäßig gut aufzunehmen. Es war nur notwendig, angebrochene oder verschobene Spreizen wieder zu ersetzen, weggerutschte oder gebrochene Bolzen zu erneuern und an einzelnen Stellen einen gebrochenen Schenkel auszuwechseln. Die Sekundärwirkung erforderte im Türstockausbau eine Erneuerung des Stoßverzuges sowie verschiedentlich ein Nachnehmen der Stöße. Senken von Gestänge war teilweise notwendig, spielte aber eine geringere Rolle. Beim Gelenkausbau war besonders ein Hochquellen der Sohle zu verzeichnen, so daß hier die Kosten *b* zum überwiegenden Teil durch Senken von Gestänge entstanden sind. Daneben mußte man hölzerne Bolzen und Verzug erneuern; Auswechseln zerstörter Gelenkbaue war nur ganz vereinzelt erforderlich. Infolgedessen sind auch hier die Kosten *b* um etwa 30 % niedriger als bei Türstockausbau. Mit Hilfe der Rechentafel (Abb. 21) läßt sich feststellen, welche Beträge in diesem Falle durch Verwendung des Gelenkausbaues gegenüber Türstockausbau eingespart worden sind. Bei 403 m Streckenlänge und 1 m/Tag Abbaufortschritt erhält man k = 7,4 Monate. Hieraus ergibt sich nach Gleichung 2: u = a + (b · 7,4 M) 3,86 + 10,22 = 14,08 ℳ/m (Gelenkausbau), u = a + (b · 7,4 M) − 12,58 + 14,80 = 27,38 ℳ/m (Türstockausbau). Der Gelenkausbau war also um 13,30 ℳ/m billiger als der Türstockausbau, was einen Betrag von 5360 ℳ ergibt. Für die 193 m lange Strecke läßt sich errechnen, daß bei Verwendung von Gelenkausbau folgende Kosten entstanden wären: k = 3,32 Monate. u = a + (b · k) = 3,86 (ℳ/m)$_p$ + [1,38 (ℳ/m · M)$_s$ · 3,32 M] = 8,44 ℳ/m. Die Ersparnis hätte demnach bei Verwendung von Gelenkausbau an Stelle von Türstockausbau 10,79 ℳ/m betragen. Es gibt jedoch Fälle, in denen man die Ausbauart mit den höhern spezifischen Unterhaltungskosten derjenigen mit den niedrigern vorzieht. Wo jeweils die Grenzen für die Verwendung der einen oder der andern Ausbauart liegen, sei im folgenden nachgeprüft. Bei Strecken von geringer Länge und kurzer Lebensdauer pflegen die Gesamtkosten (Auffahrung + Unterhaltung) in Türstockausbau infolge niedrigerer Auffahrungskosten geringer zu sein als die in Gelenkausbau mit den viel höhern Auffahrungskosten. Bei größern Streckenlängen und längerer Lebensdauer ist jedoch die Ausbauart mit den geringern spezifischen Unterhaltungskosten im Vorteil. Für das Flöz x einer niederschlesischen Steinkohlengrube ergaben sich folgende Werte je m Strecke:

Auffahrungskosten.

	Türstockausbau ℳ	Gelenkausbau ℳ
Löhne	29,54	34,32
Holz	4,21	4,63
Eisen	7,68	20,06
Sprengstoff	1,24	1,74
Summe	42,67	60,75
Wert des wiedergewonnenen Materials nach Abzug der Raubkosten	2,48	9,82
Bleiben	40,19	50,93

Spezifische Unterhaltungskosten

infolge Primärwirkung .	12,15 (ℳ/m)$_p$	4,21 (ℳ/m)$_p$
infolge Sekundärwirkung	2,91 (ℳ/m · M)$_s$	1,76 (ℳ/m · M)$_s$

Zur Ermittlung, wie hoch sich die gesamten Streckenkosten je m stellen, sind die Auffahrungskosten zu den für die verschiedenen Betriebsbedingungen berechneten Unterhaltungskosten hinzugenommen worden. Errechnet man auf Grund obiger Richtzahlen mit Hilfe der Tafel in Abb. 22 die Gesamtkosten beider Ausbauarbeiten für die verschiedenen Streckenlängen und Abbaufortschritte, so ergibt sich das Schaubild 23. Auf der Waagrechten sind hier die Streckenlängen, auf der Senkrechten die relativen Gesamtkosten (Auffahrung + Unterhaltung) eingetragen. Die Linien für den Kostenverlauf des Türstockausbaues sind durchgezogen, die des Gelenkausbaues gestrichelt. Zunächst zeigt das Schaubild, wie bei dem geringen Abbaufortschritt mit zunehmender Streckenlänge die Kosten erheblich schneller anwachsen als bei den größern Abbaufortschritten. Ferner ersieht man, daß bei den kurzen Streckenlängen bis etwa 90 m der Türstockausbau bei 1 m/Tag Abbaufortschritt sogar dem Gelenkausbau mit 2 m/Tag kostenmäßig überlegen ist. Die Punkte, in denen sich die Linienpaare der gleichen Baugeschwindigkeit schneiden, stellen die Grenze der Wirtschaftlichkeit zwischen beiden Ausbauarten dar; sie liegen sämtlich auf einer Linie bei 59,50 ℳ/m. Hieraus läßt sich folgern, daß unter den vorliegenden Flözverhältnissen die Ausbauart dann als falsch gewählt zu bezeichnen ist, wenn bei Türstockausbau wesentlich mehr als 20 ℳ/m und bei Gelenkausbau erheblich weniger als 10 ℳ/m Unterhaltungskosten entstanden sind, weil infolge des Unterschiedes in den Auffahrungskosten im ersten Falle mit Gelenkausbau

und im zweiten Falle mit Türstockausbau bessere Gesamtergebnisse erzielt worden wären.

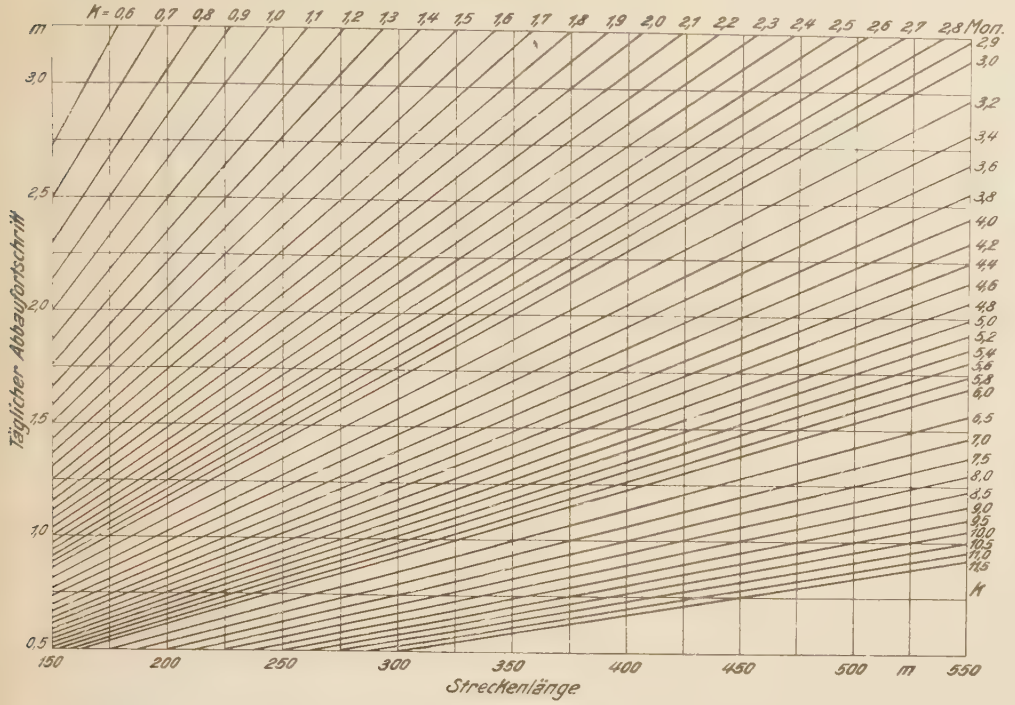


Abb. 22. Tafel zur Umrechnung der spezifischen Unterhaltungskosten ($\mathcal{M}/m \cdot M)_s$ in anteilige relative Unterhaltungskosten ($\mathcal{M}/m$).

Da sich jedoch die Vorgänge im Bergbau nicht mit mathematischer Genauigkeit abzuspielen pflegen, wird die Grenze, auf der sich die Kosten beider Ausbauarten überdecken, nicht in einem festen Punkte liegen. Man wird zweckmäßig einen gewissen Spielraum zulassen, um sich nicht einer starren Rechnung wegen von den tatsächlichen Verhältnissen zu entfernen. Die Grenze der Wirtschaftlichkeit zwischen Türstock- und Gelenkausbau stellt sich dann nicht mehr als eine Linie, sondern als eine Fläche (in Abb. 23 schraffiert) dar. Unterhalb dieser Fläche herrscht eine klare kostenmäßige Überlegenheit des Türstockausbaues, oberhalb eine solche des Gelenkausbaues. Innerhalb der Fläche wird die Möglichkeit eines Ausgleiches in den Kosten beider Ausbauarten angenommen. Der vorgesehene Spielraum von 10 % = 2 $\mathcal{M}$/m dürfte völlig ausreichen, um den möglichen Schwankungen gerecht zu werden. Die Ausgleichfläche wird begrenzt von 2 Tangenten — parallel zur Grenzlinie — an Kreisen, deren Mittelpunkt der jeweilige Schnittpunkt des zugehörigen Linienpaares (f) und deren Durchmesser gleich dem Spielraum von 10 % ist. Auf Grund der Ergebnisse nach Abb. 23 ist in Abb. 24 die Grenze der Wirtschaftlichkeit zwischen Türstock- und Gelenkausbau in Abhängigkeit von Streckenlänge und Abbaufortschritt aufgezeichnet.

Die sich auf Grund der zuzulassenden Toleranz ergebende Fläche ist schraffiert, die Grenzlinie gestrichelt. Jede Strecke von bestimmter Baugeschwindigkeit und Länge kann durch einen Punkt innerhalb der Fläche in Abb. 24 eindeutig bezeichnet werden. Dieser Punkt sei Leitpunkt genannt. Sämtliche Punkte innerhalb der schraffierten Fläche besagen, daß beide Ausbauarten gewählt werden können; die Fläche wird daher mit dem Ausdruck »neutrale Zone« bezeichnet. Alle Punkte rechts davon fallen in den Bereich, in dem der Gelenkausbau und die links davon in den Bereich, in dem der Türstockausbau wirtschaftlicher ist. Man kann aus der Darstellung entnehmen, welche Ausbauart für einen in Flöz x geplanten Betrieb zweckmäßig ist. Ist z. B. eine streichende Baulänge von 200 m vorhanden und ein Abbaufortschritt von 1 m/Tag geplant, so liegt der zugehörige Leitpunkt p rechts der neutralen Zone; es empfiehlt sich, Gelenkausbau zu wählen. Bei 250 m Streckenlänge und 1,60 m/Tag Abbaufortschritt fällt der Leitpunkt p' in die neutrale Zone; die Wahl der Ausbauart

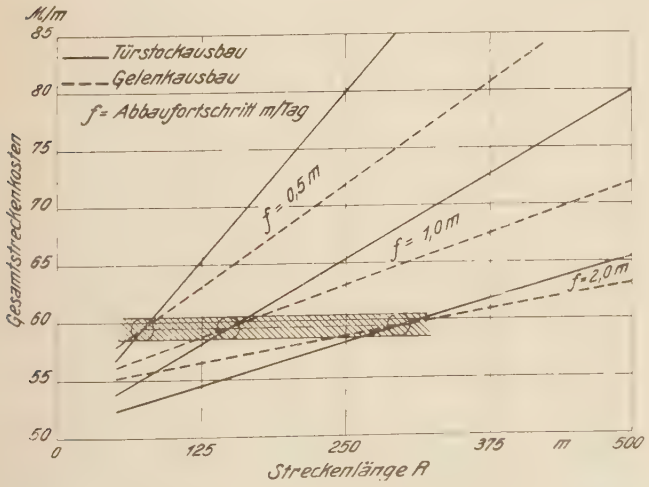


Abb. 23. Relative Gesamtkosten (Auffahrung + Unterhaltung) von Abbaustrecken des Flözes x in Abhängigkeit von Ausbauart, Abbaufortschritt und Streckenlänge.

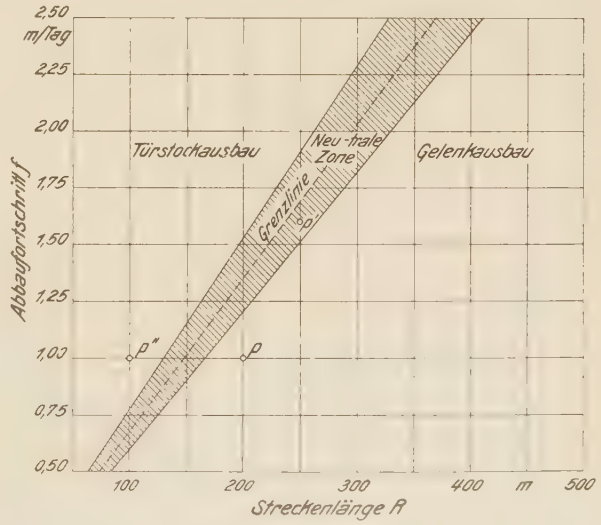


Abb. 24. Wirtschaftlichkeitsbereich zweier Ausbauarten in Abhängigkeit von Abbaufortschritt und Streckenlänge.

kann von andern Gesichtspunkten abhängig gemacht werden, ohne daß besondere Nachteile hinsichtlich der Unterhaltungskosten zu befürchten stehen. Bei 100 m Streckenlänge und 1 m/Tag Abbaufortschritt liegt der Leitpunkt p″ links von der neutralen Zone und weist durch seine Lage auf Türstockausbau hin. Aus Abb. 24 ist zu ersehen, daß in Strecken bis 130 m Länge bei einem Abbaufortschritt von mindestens 1 m/Tag der Türstockausbau dem Gelenkausbau kostenmäßig überlegen ist. Die neutrale Zone, in der sich eine klare Überlegenheit der einen oder andern Ausbauart nicht unbedingt nachweisen läßt, liegt zwischen 130 und 165 m. Über 165 m Streckenlänge hinaus macht sich die Überlegenheit des Gelenkausbaues klar bemerkbar.

Die Ergebnisse dieses besondern Falles geben Veranlassung, nachzuprüfen, ob etwa ähnliche Verhältnisse auch im Durchschnitt der gesamten Schachtanlage vorliegen. Um hier einen Überblick zu erlangen, habe ich die Ergebnisse von 60 Strecken aus 5 verschiedenen Flözen zusammengestellt. Die Strecken sind in Anlehnung an die Ergebnisse aus Flöz x zu 3 Längengruppen zusammengefaßt. Die erste Gruppe enthält die Strecken bis zu 135 m Länge, die zweite bis 200 m, die dritte Strecken von mehr als 200 m Länge. (Zahlentafel 4). In der Gruppe bis zu 135 m ist der Türstockausbau dem Gelenkausbau auch im Durchschnitt der gesamten Schachtanlage überlegen. Bei beiden Ausbauarten stehen Baugeschwindigkeit und durchschnittliche Streckenlänge in einem günstigen Verhältnis; die relativen Unterhaltungskosten sind daher nicht sehr hoch. Die scheinbar vorhandene Überlegenheit des Türstockausbaues in der Gruppe bis 200 m Länge ist darauf zurückzuführen, daß der Wert q hier günstiger liegt als bei Gelenkausbau. Eine einwandfreie Überlegenheit des Türstockausbaus läßt sich in dieser Längengruppe nicht belegen, da der Kostenunterschied von 1,41 ℳ/m hierfür nicht groß genug erscheint. Demgegenüber zeigt der Unterschied von 8,69 ℳ/m in der Längengruppe über 200 m eine klare kostenmäßige Überlegenheit des Gelenkausbaues. Die an sich höhere Baugeschwindigkeit wird durch die größere Streckenlänge wieder ausgeglichen, und der gleich hohe Wert q unterstreicht eine gewisse Gleichartigkeit der vorliegenden Betriebsbedingungen. Die Kosten ℳ/m sind bei niedrigem Wert q besonders hoch.

Zahlentafel 4.

Streckenlänge R m	Ausbauart	Baugeschwindigkeit m/M	Unterhaltungstechnischer Ausnutzungsgrad q 1/M	Relative Unterhaltungskosten ℳ/m	Unterschied in den Kosten: Auffahrung ℳ/m	Unterschied in den Kosten: insges. ℳ/m	Bemerkungen
bis 135	Gelenk	10	0,233	9,03	+ 10,50	+ 7,88	klare Überlegenheit d. Türstockausbaues
	Türst.	9,4	0,209	11,65	—		
bis 200	Gelenk	14,2	0,150	15,52	+ 9,50	+ 1,41	Unterschied sehr gering
	Türst.	15,1	0,159	23,61	—	—	
über 200	Gelenk	20	0,100	25,69	+ 9,92	− 8,69	klare Überlegenheit d. Gelenkausbaues
	Türst.	17	0,101	44,30	—	—	

Einfluß des Abbaus benachbarter Flöze.

Hier ist zu unterscheiden zwischen den Einwirkungen des Abbaus eines Flözes im Liegenden auf eine Strecke im Hangenden und eines Flözes im Hangenden auf eine Strecke im Liegenden. Von dem Augenblick an, in dem das Gebirge durch den Abbau eines benachbarten Flözes im Liegenden in Bewegung kommt, unterliegt die Streckenröhre den bekannten Zerrungs- und Pressungserscheinungen, wie sie auch übertage zu beobachten sind. In der Zerrungszone wird die Entfernung zwischen den einzelnen Ausbauteilen größer, was sich dadurch bemerkbar macht, daß die eingebrachten Spreizen sich lockern und unter Umständen herausfallen. In der Pressungszone nähern sich die Baue einander, und die Spreizen werden zerknickt; am deutlichsten ist die Pressungszone jedoch am Aufwölben der Streckensohle zu erkennen. In diesen Fällen ist selbst der infolge seiner Nachgiebigkeit an sich sehr aufnahmefähige Gelenkausbau den auftretenden Beanspruchungen nicht mehr gewachsen; denn die Streckensohle wird in der Zerrungszone gesenkt, in der Pressungszone hochgetrieben und, sobald dieselbe Stelle der Strecke in die nachfolgende Zerrungszone hineingerät, noch einmal gesenkt. Der Ausbau, der die Beanspruchungen der Kämpferdruckzone des Abbaus gut überstanden hat und mit normalen Aufwendungen bis zur Beendigung des Abbaus ausgehalten habe würde, muß nun noch einmal erneuert werden. Die als Folge des Abbaus benachbarter Flöze auftretenden Schäden werden als durch »Fremdwirkung« verursacht bezeichnet und die durch ihre Beseitigung entstehenden Kosten unter A_2 besonders erfaßt. In der Zahlentafel 5 finden sich als Beispiel die Unterhaltungskosten einer Strecke, die durch den Abbau im eigenen Flöz und durch den Abbau eines benachbarten Flözes hervorgerufen sind, zusammengestellt. Die Zahlen in Schrägdruck betreffen die Monate, in denen die Strecke unterbaut worden ist. Aus Abb. 25 ist der Wirkungsbereich des darunterliegenden Abbaus auf die darüberliegende Strecke zu ersehen. Die Strecke hatte eine Länge von 253 m erreicht, als das Unterbauen bei 71 m begann.

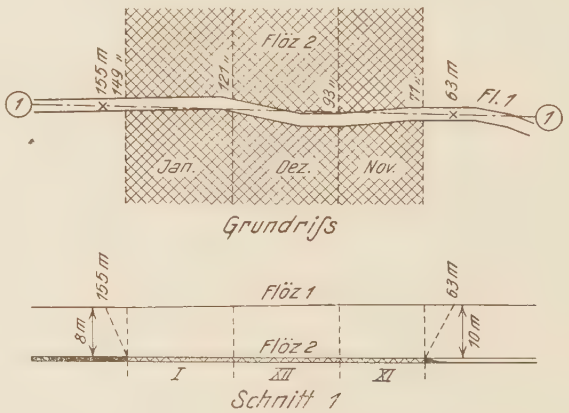


Abb. 25. Einfluß eines Abbaues im Liegenden auf die Abbaustrecke des hangenden Flözes.

Die Unterhaltungskosten waren bis dahin in den üblichen Grenzen geblieben. Im November stiegen sie plötzlich stark, als man von 63 m ab einen Nachriß mit völliger Erneuerung des Ausbaus ansetzen mußte. Die Wirkung des Abbaus reichte also bei dem hier vorhandenen Mittel rd. 8 m über die Grenze des Abbaus hinaus. Als der Abbau des liegenden Flözes Ende Januar eingestellt wurde, stand der Stoß bei 149 m, während die Wirkungen in der Strecke bis 155 m reichten. Die Strecke hatte noch einen Monat nach Beendigung des Abbaus unter den Nachwirkungen zu leiden, wie aus

Abb. 26 hervorgeht. Hier sind die Monate, in denen die Strecke unterbaut wurde, schraffiert und zum Vergleich die absoluten Unterhaltungskosten eingetragen, die in jedem Monat auf der Streckenlänge von lfd. m 63 bis lfd. m 155 vor, während und nach dem Unterbauen entstanden. Die Kosten in dem Monat unmittelbar nach Beendigung des Unterbauens liegen noch erheblich höher als normal. Die relativen Unterhaltungskosten betrugen 25,53 ℳ/m bei spezifischen Unterhaltungskosten von $a = 9{,}34$ $(ℳ/m)_p$ und $b = 1{,}89$ $(ℳ/m \cdot M)_s$. Die durch »Fremdwirkung« erwachsenen Unterhaltungskosten dagegen beliefen sich für jedes beeinflußte Streckenmeter auf 36,77 ℳ.

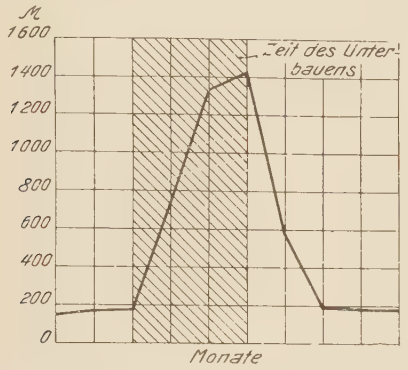


Abb. 26. Verlauf der absoluten Unterhaltungskosten in dem unterbauten Streckenteil.

Zahlentafel 5.

Monate	Streckenlänge R m	Absolute Unterhaltungskosten infolge: Primärwirkung A ℳ	Fremdwirkung A_2 ℳ	Sekundärwirkung B ℳ	Zus. ℳ	Spezifische Unterhaltungskosten: a $(ℳ/m)_p$	b $(ℳ/m \cdot M)_s$
1	13	—			—		
2	28	—			—		
3	63	—			—		
4	106	—			—		
5	143	572	—	—	572	8,94	—
6	182	367	—	547	914	8,95	1,55
7	212	244	—	406	650	9,04	1,78
8	253	500	—	505	1 005	9,09	1,95
9	*290*	*405*	*563*	*397*	*1 365*	*9,02*	*1,85*
10	*317*	*120*	*1179*	*186*	*1 485*	*9,23*	*1,58*
11	*347*	*91*	*1260*	*508*	*1 859*	*9,55*	*1,58*
12	361	430	400	1046	1 876	9,57	2,07
13	386	430	—	755	1 185	9,55	1,92
14	414	404	—	780	1 184	9,19	1,90
15	437	316	—	760	1 076	8,78	1,89
		3879	3402	5890	13 171	9,34	1,89

Diese außerordentlich hohen Kosten weisen eindringlich darauf hin, wie wichtig es ist, das Unterbauen einer in Betrieb befindlichen Strecke zu vermeiden. Die neuzeitlichen Bestrebungen, möglichst große Fördermengen aus einem Betriebspunkt zu gewinnen, kommen den vom Standpunkt der Streckenunterhaltung aus zu stellenden Forderungen entgegen, da sich hierdurch der gleichzeitige Abbau mehrerer Flöze in einer Querschlagsabteilung vermeiden läßt. In Fällen, in denen er nicht zu umgehen ist, dürfte es sich empfehlen, die Abbaustöße in der Entfernung einander folgen zu lassen, in welcher der Nachriß auf Grund der Primärwirkung hinter dem Strebstoß des hangenderen Flözes hereilt. Primärwirkung und Fremdwirkung würden dann zu gleicher Zeit in etwa dieselbe Zone fallen und die Beseitigung der hierdurch hervorgerufenen Schäden könnte in einem Arbeitsgang erfolgen. Dabei ergäbe sich der Vorteil, daß die Kosten zu A entweder ganz eingespart werden oder nur als eine geringe Erhöhung der Kosten zu A_2 in Erscheinung treten.

In bestimmten Fällen läßt sich durch Aufrollen der Baufelder (Abb. 27) in vereinigtem Vor- und Rückbau eine weitestgehende Schonung der Abbaustrecken erreichen[1], ein Verfahren, das sich auf einer größern Grube des niederschlesischen Bezirks bewährt hat. Auch auf die Bildung von Schutzzonen für die Abbaustrecken der hangendern Flöze sei hier verwiesen, wobei die Reihenfolge des Abbaus der einzelnen Flöze eine gewisse Änderung erfährt.

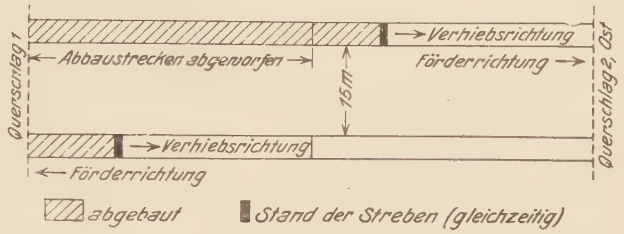


Abb. 27. Darstellung des Aufrollens der Baufelder.

Zusammenfassung.

Die Prüfung der Frage, ob bei der Gestaltung der Unterhaltungskosten von Abbaustrecken eine Gesetzmäßigkeit und damit die Möglichkeit der Vorausberechnung besteht, hat ergeben, daß diese Kosten nicht nur von Unwägbarkeiten abhängen, sondern weitgehend durch die Art der Betriebsführung beeinflußt werden können. Jedes Flöz weist auf Grund seiner Mächtigkeit, der Art des Nebengesteins und anderer Faktoren sowie nach der Ausbauart »spezifische Unterhaltungskosten« von bestimmter Höhe auf. Das Hindurchgehen des Abbaus macht gegebenenfalls die einmalige Instandsetzung des Ausbaus erforderlich. Die hierdurch verursachten Kosten, bezogen auf die Streckenlänge, sind stets gleich (spezifische Unterhaltungskosten ℳ/m infolge Primärwirkung $a = \text{const.}$). Sodann unterliegt der Ausbau dauernd der Einwirkung verschiedenartiger Gebirgsbewegungen, deren Stärke hauptsächlich von der Beschaffenheit des Nebengesteins abhängt. Zur Beseitigung der hierdurch auftretenden Schäden muß fortgesetzt Unterhaltungsarbeit geleistet werden, deren Kosten, bezogen auf das »relative Längenalter« (Produkt aus Länge und Lebensdauer, Meter · Monate), stets gleich sind (spezifische Unterhaltungskosten ℳ/m · Monat infolge Sekundärwirkung $b = \text{const.}$). Die Höhe dieser spezifischen Unterhaltungskosten *a* und *b* ist naturgegeben und bei nachgiebigem Gelenkausbau günstiger als bei starrem Türstockausbau. Mit Hilfe dieser Werte lassen sich die absoluten Unterhaltungskosten für jede Streckenlänge und Baugeschwindigkeit mit ausreichender Genauigkeit vorausberechnen. Hierbei ist die Höhe des Anteiles der Kosten durch Sekundärwirkung an den gesamten Unterhaltungskosten lediglich abhängig von dem Verhältnis, in dem Baugeschwindigkeit und Streckenlänge stehen, dem »Unterhaltungstechnischen Ausnutzungsgrad« *q*. Der Wert *q* ist reziprok der durchschnittlichen Lebensdauer und bewegt sich in den heutigen Betrieben zwischen $1 \cdot \left(\frac{1}{M}\right)$ und (asymptotisch) Null. Je mehr

[1] Vgl. Lehmann, Glückauf 74 (1938) S. 321 und S. 405.

sich q dem Wert $1 \cdot \left(\frac{1}{M}\right)$ nähert, je höher also die Baugeschwindigkeit im Verhältnis zur durchschnittlichen Streckenlänge wird, desto geringer sind die Unterhaltungskosten. Hierin liegt die Einflußmöglichkeit des Betriebes begründet. Wo auf Grund der Gebirgsverhältnisse mit hohen spezifischen Unterhaltungskosten b zu rechnen ist, muß besonders auf hohe Baugeschwindigkeiten Wert gelegt werden. q soll möglichst nicht unter $0{,}200 \left(\frac{1}{M}\right)$ sinken. Liegt der Wert q fest, so ist bei der Wahl der Ausbauart zu berücksichtigen, daß es Fälle gibt, in denen die Ausbauweise mit höhern spezifischen Unterhaltungskosten wegen der niedrigern Auffahrungskosten wirtschaftlicher ist.

Benutztes Schrifttum

Spackeler: Die sogenannte Druckwelle, Glückauf 64 (1928) S. 873.

Gillitzer: Das Wesen des Gebirgsdruckes und dessen Ausnutzung beim Abbaubetriebe des Mansfelder Bergbaus, Glückauf 64 (1928) S. 977.

Langecker: Die Nutzbarmachung des Gebirgsdruckes für die Kohlengewinnung, Glückauf 64 (1928) S. 1409.

Spackeler: Der Nutzdruck als Abbaufolge, Glückauf 65 (1929) S. 461.

Spackeler: Druckwirkungen im Liegenden, Glückauf 66 (1930) S. 757.

Haack: Die Beherrschung des Gebirgsdruckes, Glückauf 64 (1928) S. 711.

Spackeler: Die wissenschaftlichen Ergebnisse des internationalen Bergbaukongresses in Paris 1935, Glückauf 72 (1936) S. 773.

Bärtling: Gebirgsdruckwirkungen beim Abbau von Steinkohlenflözen, Glückauf 65 (1929) S. 735.

Weißner: Beobachtungen über Raumbewegungen in Abbaustrecken, Glückauf 70 (1934) S. 1041.

Maevert: Nachgiebigkeit und Beweglichkeit im Streckenausbau, Glückauf 69 (1933) S. 209.

Giesa: Englische Erfahrungen beim Streckenausbau mit Eisenbogen, Glückauf 69 (1933) S. 270.

Kühn: Statische Betrachtung der Formen des Streckenausbaus untertage, Glückauf 66 (1930) S. 395.

Fritzsche: Messungen der Tragfähigkeit des Grubenausbaus und der Stärke des Gebirgsdruckes im Abbau, Glückauf 65 (1929) S. 146.

Bornitz: Beobachtungen über das Verhalten von Abbauförderstrecken bei verschiedenem Fortschreiten gegenüber dem Abbaustoß, Glückauf 72 (1936) S. 1136.

Fritzsche und Giesa: Beobachtungen über Beanspruchungen des Ausbaus in Abbaustrecken, Glückauf 71 (1935) S. 125.

Fritzsche: Beanspruchung des Grubenausbaus in verschiedenen Teufen, Glückauf 71 (1935) S. 1181.

Lüthgen: Stempellose Abbaustrecken, ein Beitrag zur Gebirgsdruckbeherrschung, Glückauf 65 (1929) S. 393.

Spackeler: Der Kapp- und Stelzschuh »Diplomat«, Glückauf 66 (1930) S. 515.

Matthias: Englische Beobachtungen über die Beanspruchungen des Grubenausbaus, Glückauf 67 (1931) S. 1498.

Scheithauer: Untersuchungen über die zweckmäßige Bemessung der Streblänge im Steinkohlenbergbau, Glückauf 69 (1933) S. 833.

Thiele: Abbaudruck und Druckschlechten, Glückauf 66 (1930) S. 1552.

Spackeler: Englische Untersuchungen über Gebirgsbewegungen als Abbaufolge, Glückauf 67 (1931) S. 1093.

Giesa: Neuere Untersuchungen über Abbauwirkungen auf das Gebirge, Glückauf 68 (1932) S. 261.

Weißner: Gebirgsbewegungen beim Abbau flachgelagerter Steinkohlenflöze, Glückauf 68 (1932) S. 945.

Spackeler: Nutzbarmachung des Gebirgsdruckes, Glückauf 70 (1934) S. 396.

Spackeler: Gewölbebildung über Abbauen, Glückauf 70 (1934) S. 589.

Giesa: Absenkung des Hangenden im Strebraum, Glückauf 70 (1934) S. 905.

Löffler: Die Abbaudynamik im streichenden Strebbau bei verschiedenen Versatzarten, Glückauf 72 (1936) S. 869.

Weißner: Erkenntnisse aus der Beobachtung von Gebirgsbewegungen für den Abbau, Glückauf 72 (1936) S. 997.

Spackeler: Der heutige Stand der Gebirgsdruckfragen, Bergbau 44 (1931) S. 401.

Dennert: Vergleichende Beobachtungen beim Abbau mit langsamem und schnellem Verhieb, Glückauf 64 (1928) S. 1111.

Reins: Neuzeitliche Abbauformen in steil einfallenden Flözen unter besonderer Berücksichtigung der Abbaustrecken, Glückauf 64 (1928) S. 1605.

Spackeler: Abbau mit Hartholz-Wanderkasten, Glückauf 71 (1935) S. 57.

Fleischer: Beobachtungen und Untersuchungen über Gebirgsbewegungen beim oberschlesischen Pfeilerbruchbau, Glückauf 70 (1934) S. 661.

Keinhorst: Bei Bodensenkungen auftretende Bodenverschiebungen und Bodenspannungen, Glückauf 64 (1928) S. 1141.

Oberste-Brink: Das Wesen des Bewegungsvorganges bei Bodensenkungen infolge von Einwirkungen des Bergbaus, Glückauf 65 (1929) S. 121.

Kegel: Die Bodensenkungen infolge der Einwirkung des Abbaus besonders von Steinkohlenflözen, Glückauf 65 (1929) S. 845.

Goldreich: Die Bodenbewegungen im Kohlenrevier und deren Einfluß auf die Tagesoberfläche, Verlag Julius Springer, 1926.

Lebenslauf

Am 27. Juli 1902 wurde ich in Kattowitz (O.-S.) geboren. Ich besuchte mit Erfolg das humanistische Gymnasium zu Kattowitz und trat im Jahre 1919 in den Grenzschutz Ost ein; ich bin Inhaber der Ehrenurkunde für Freikorpskämpfer. Nach Ableistung der praktischen Lehrzeit studierte ich 1 Semester an der Universität Kiel und 7 Semester an der Bergbauabteilung der Technischen Hochschule Berlin, wo ich das Diplomexamen am 8. Dezember 1924 ablegte. Seit dem 10. Dezember 1924 stehe ich im Betrieb und war als Steiger, Fahrsteiger, Obersteiger und Betriebsführer sowie als Direktionsassistent und Wirtschaftsingenieur tätig. Ich bin verheiratet und habe 4 Kinder im Alter von ½ bis 9 Jahren. Ich habe das SA.-Sportabzeichen sowie die Lehrberechtigung für dieses erworben. Ferner bin ich ehrenamtlich als Kreisamtsleiter im Amt für Technik der NSDAP. tätig.

Druck von C.W. Haarfeld, Kom.-Ges., Essen.